

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta strojní**  
**Katedra výrobních strojů a konstruování - 340**

**Dveře komory koksárenské baterie**  
**The Door of Coke – Oven Battery Chamber**

Student:

Bc. Rostislav Folwarczny

Vedoucí diplomové práce:

Dr.Ing. Jaroslav Melecký

Ostrava 2010



## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....

podpis studenta

## **Prohlašuji, že**

1. jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
2. beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
3. souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
4. bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
5. bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
6. beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č.111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : .....

.....

plné jméno autora práce

Josefa Brabce 2896/23

Ostrava, Moravská Ostrava

## **Anotace diplomové práce**

FOLWARCZNY, R. Dveře komory koksárenské baterie: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 70s. Vedoucí práce: Melecký, J.

Náplní diplomové práce je konstrukční návrh dveří komory koksárenské baterie. Značná část práce je věnována požadavku na jejich těsnost a izolační schopnost. Oba požadavky úzce souvisí se správnou činností šroubového uzávěru, na jehož problematiku je práce především zaměřena. Tento konstrukční uzel je přehodnocen a pomocí výpočtů navržen nový, včetně doporučení vhodného oleje pro mazání závitu. Zároveň je navržen plán údržby se zaměřením na kontrolu kvality oleje a funkčnost šroubového uzávěru.

## **Anotation Master Thesis**

FOLWARCZNY, R. The Door of Coke – Oven Battery Chamber: Master Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2010, 70p. Thesis head: Melecký, J.

The topic of the thesis is engineering design of chamber's door of coke oven. Great deal of thesis is describing its tightness and insulation ability. The thesis is focused on both requirements which are related to good function of screw closure. This current design factor is reevaluated and there is proposed new solution by means all necessary calculations. There is also recommended suitable oil for lubrication of the thread. At the same time there is proposed the maintenance schedule which is focused on the oil quality checks and function of screw closure.

## Obsah

1	Seznam použitého značení .....	8
2	Úvod.....	10
3	Koksárenství.....	11
3.1	Historický vývoj koksárenství.....	11
3.2	Hlavní části koksárenských pecí .....	13
4	Koksárenská baterie č.10 koksovny Svoboda .....	16
4.1	Základní údaje .....	16
4.2	Technické parametry .....	17
4.3	Ekologická opatření.....	17
4.3.1	Vlivy na ovzduší.....	17
5	Dveře .....	19
5.1	Popis dveří.....	19
5.2	Technické parametry dveří.....	20
5.3	Funkce dveří.....	20
5.3.1	Těsnost .....	21
5.3.2	Izolační schopnost .....	22
5.4	Popis činností při nasazování a snímání dveří .....	23
6	Snímač dveří.....	25
6.1	Popis zařízení .....	25
7	Problematika šroubového uzávěru .....	27
7.1	Popis původního šroubového uzávěru.....	27
7.2	Funkčnost v praxi a požadavek na změnu.....	29
7.3	Teorie o závitech pohybového šroubu a matice .....	29
7.4	Přepočítání původního pohybového šroubu .....	33
7.4.1	Výpočet .....	34
7.4.2	Zhodnocení.....	38
7.5	Návrh a výpočet nového pohybového šroubu .....	39
7.5.1	Volba závitu .....	39
7.5.2	Výpočet .....	39
7.5.3	Zhodnocení.....	40
8	Návrh a výpočet nového řešení šroubového uzávěru .....	41

8.1	Výpočet spoje pro přenos kroutícího momentu .....	43
8.1.1	Výpočet .....	43
8.2	Výpočet nového pohybového šroubu .....	45
8.2.1	Výpočet .....	45
8.2.2	Zhodnocení .....	48
8.3	Návrh a výpočet nové matice .....	48
8.3.1	Výpočet .....	49
8.3.2	Zhodnocení .....	50
9	Účinnost .....	51
9.1	Původní závit .....	51
9.2	Nový závit .....	52
9.3	Zhodnocení .....	52
10	Návrh mazání nového pohybového šroubu .....	53
10.1	Původní mazivo .....	53
10.2	Měření teploty dveří .....	53
10.3	Volba maziva .....	56
11	Návrh plánu údržby .....	57
11.1	Popis kontrolovaných míst .....	57
11.2	Harmonogram kontrol a údržby .....	58
12	Závěr .....	59
13	Seznam použitých pramenů .....	61
14	Přílohy .....	62

# **1 Seznam použitého značení**

$A$	[-]	součinitel minimálního zatížení
$d$	[mm]	průměr hřídele
$d$	[mm]	velký průměr vnějšího závitu
$d_2$	[mm]	střední průměr vnějšího závitu
$d_3$	[mm]	malý průměr vnějšího závitu
$D_V$	[mm]	vnější průměr matice
$D_1$	[mm]	malý průměr vnitřního závitu
$D_2$	[mm]	střední průměr vnitřního závitu
$D_4$	[mm]	velký průměr vnitřního závitu
$f_z$	[-]	součinitel smykového tření
$F_{AM}$	[kN]	minimální axiální zatížení
$F_1$	[N]	síla pružiny pružného členu
$F_2$	[N]	síla působící na šroubový uzávěr
$h_m$	[mm]	výška matice
$H_1$	[mm]	nosná hloubka závitu
$ks$	[-]	součinitel statické bezpečnosti
$M_K$	[N.m]	krouťící moment rotačního hydromotoru
$M_R$	[N.m]	krouťící moment šroubového uzávěru
$n$	[ot.min <sup>-1</sup> ]	otáčky
$p_D$	[MPa]	dovolený měrný tlak
$P$	[mm]	rozteč závitu
$R_e$	[MPa]	mez kluzu
$R_x$	[N]	složka reakce
$R_y$	[N]	složka reakce
$S$	[mm <sup>2</sup> ]	plocha
$W_K$	[mm <sup>3</sup> ]	průřezový modul v krutu
$z$	[-]	počet závitů
$\beta$	[°]	úhel profilu závitu



$\gamma$	[°]	úhel stoupání
$\eta_{\uparrow}$	[-]	účinnost směrem vpřed
$\eta_{\downarrow}$	[-]	účinnost směrem vzad
$\sigma_d$	[MPa]	napětí namáhání v tlaku
$\sigma_D$	[MPa]	maximální dovolené napětí
$\sigma_{red}$	[MPa]	redukované napětí
$\tau$	[MPa]	napětí namáhání v krutu
$\tau_C$	[MPa]	tečné napětí
$\tau_{DOV}$	[MPa]	maximální dovolené tečné napětí
$\tau_{MAX}$	[MPa]	maximální tečné napětí
$\varphi'$	[°]	třecí úhel

## **2 Úvod**

Jednou ze základních částí koksárenské pece jsou dveře. Jedná se o konstrukční prvek, kterým je umožněn přístup do koksovací komory jednak pro možnost vytlačení vyrobeného koksu z komory ven a zároveň v případě pěchovaného provozu pro možnost vsunutí uhelného hranolu do komory.

Protože výroba koksu probíhá za vysokých teplot a za nepřístupu vzduchu, je na konstrukční provedení dveří kladen velký důraz. Dveře musí krom jiných splňovat především dvě základní funkce, těsnost a izolační schopnost.

První z těchto základních funkcí, těsnost je dokonalé oddělení dvou prostředí, prostředí koksovací komory, ve které celý proces výroby koksu probíhá a okolního vnějšího prostředí. Jde o zamezení nežádoucího přístupu vzduchu z vnějšího prostředí do komory a zároveň zamezení úniku chemických zplodin, které při výrobě koksu vznikají z komory směrem ven do vnějšího prostředí.

Tou druhou ze základních stejně důležitých funkcí je izolační schopnost. Teplo potřebné k výrobě koksu je důležité udržovat na stálé hodnotě. Proto nejen okolní zdivo koksárenské pece, ale i dveře musí splňovat izolační požadavky, aby se minimalizoval prostup tepla směrem ven do vnějšího prostředí.

Obě funkce významně ovlivňují průběh výroby koksu z pohledu výtěžnosti, tedy ekonomičnosti provozu. Ekonomičnost provozu je jedna z hlavních požadavků při provozování koksárenské pece. Dalším je minimalizace nežádoucího vlivu na kvalitu ovzduší. Při výrobě koksu vznikají chemické zplodiny, které unikají různými netěsnostmi do ovzduší, tedy i netěsnostmi kolem dveří.

V této diplomové práci se budu zabývat nejen samotnými dveřmi, jejichž konstrukci popíšu, ale především problematikou vedoucí ke splnění jedné z výše zmiňované funkce, kterou dveře musí splňovat, těsnosti. K tomu, aby dveře splňovaly tuto funkci, je nutné věnovat velkou pozornost jednomu konstrukčnímu uzlu. Tím je šroubový uzávěr.

Než se ale dostanu k popisu dveří a problematice šroubového uzávěru, bude nutné vysvětlit na začátku co to koksárenská pec je dle [3] a [4], k čemu slouží a jakou úlohu v ní plní dveře. Zároveň popíšu koksárenskou baterii č.10 koksovny Svoboda, na které jsou dveře použity.

## **3 Koksárenství**

### **3.1 *Historický vývoj koksárenství***

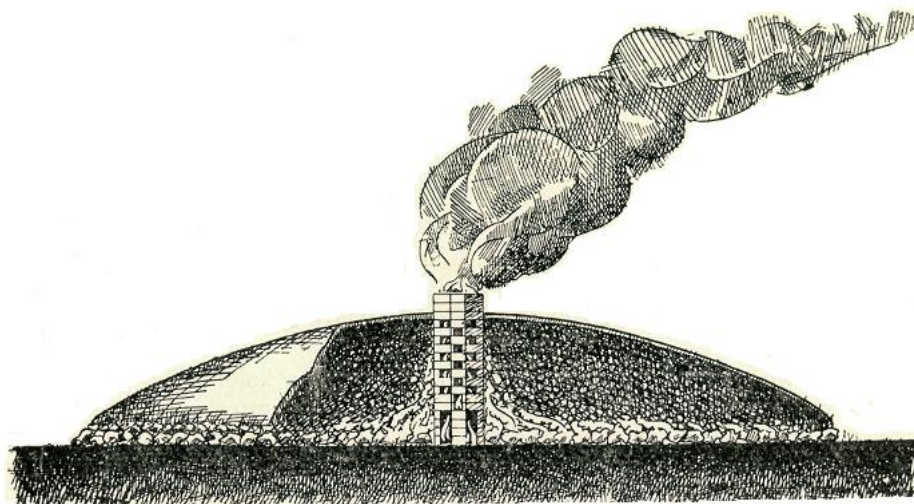
Výroba koksu je úzce spjata s rozvojem výroby železa. Již před několika tisíci lety byla známa výroba železa z rud redukcí uhlíkem a používalo se k tomu dřevěné uhlí. To bylo již tehdy známo jako zbytek po nedokonalém spálení dřeva, později jako produkt karbonizace dřeva, tzn. zahřívání dřeva za nepřístupu vzduchu.

Se vzrůstající výrobou železa se začal projevovat nedostatek dřeva. Proto byla za dřevěné uhlí hledána náhrada. Po objevení černého uhlí a jeho počínajícím průmyslovém využívání, se jím začalo nahrazovat dřevěné uhlí při výrobě surového železa.

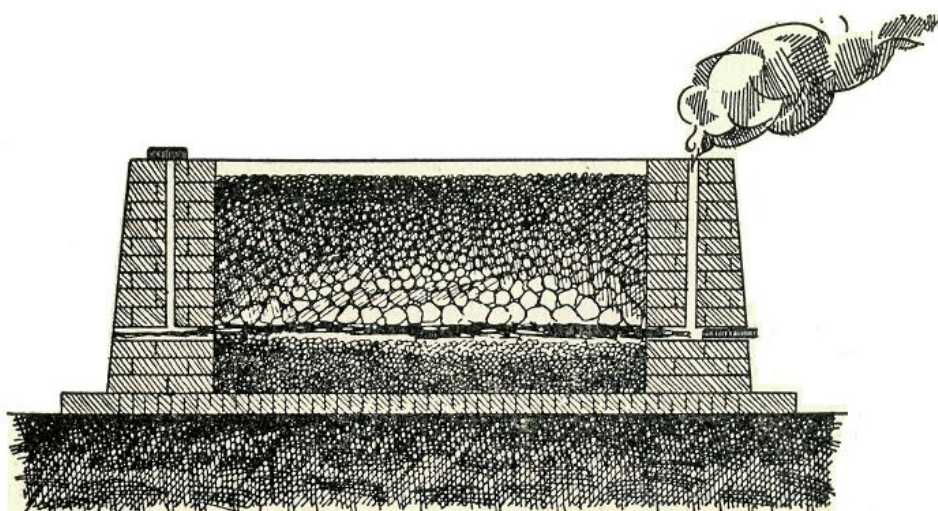
Při používání uhlí ve vysoké peci se uhlí karbonizuje, při čemž těkavé zplodiny karbonizace působí při redukcí rušivě. Hlavním nedostatkem černého uhlí byl tedy jeho obsah síry. Proto byly prováděny pokusy k odstranění síry z černého uhlí zahříváním za nepřístupu vzduchu. První karbonizace černého uhlí byla teda prováděna proto, aby bylo zbaveno síry. Zjistilo se při tom, že vyrobený koks má výborné vlastnosti a hodí se pro výrobu železa lépe než dřevěné uhlí.

První známé pokusy výroby koksu a jeho následném využití ve vysoké peci byly prováděny již v roce 1589. Většího významu pro hutnické účely dosáhla výroba koksu až koncem 17.století a počátkem 18.století.

Nejdříve se koks vyráběl v milířích viz. Obr.3.1. Ty byly postupně nahrazovány ohrazenými pecemi, zvanými Schaumburské viz. Obr.3.2. Koksovací doba v takovýchto pecích byla 6 až 7 dní a výtěžnost koksu dosahovala pouze 50 až 55%. Část uhlí přitom shořela. Protože provoz těchto polootevřených pecí značně obtěžoval okolí, začaly se stavět pece zakryté. Koksovací doba se zkrátila asi na 3 dny, ale výtěžnost koksu byla stále malá. Důvodem bylo, že se pece stále vytápěly teplem, vzniklým spálením části uhlí. Karbonizační plyny byly v té době spolu se spaliny odváděny do ovzduší.



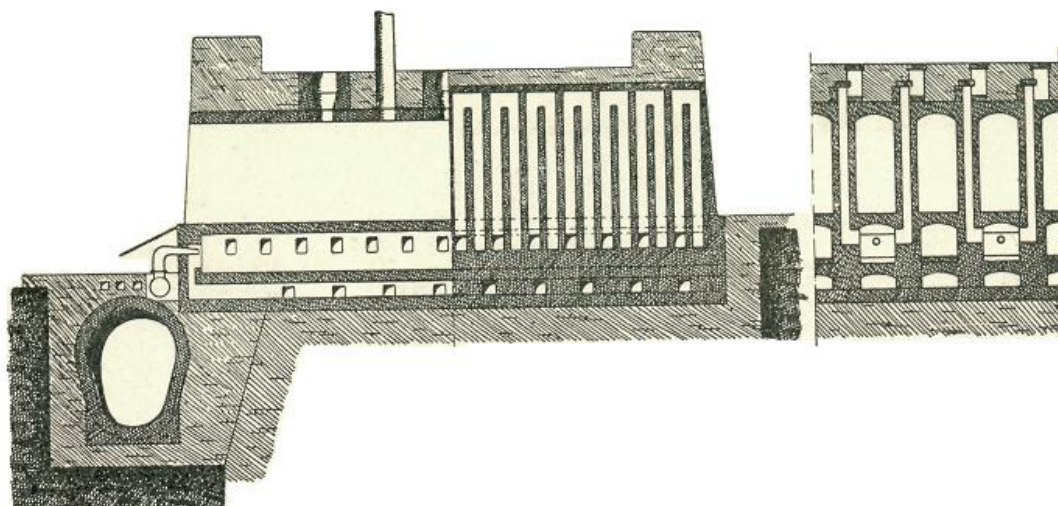
**Obr. 3.1 Milíř.**



**Obr. 3.2 Schaumburgská pec.**

Zhruba v polovině 19.století se začaly stavět pece vytápěné karbonizačním plynem, což výrazně zvýšilo výtěžnost koksu.

Roku 1861 postavil Coppée skupinu pecí, ve kterých se černé uhlí karbonizovalo v uzavřeném úzkém prostoru, který byl topnými kanály vytápěn plynem z obou stran viz. Obr.3.3. Pece byly již uzavřeny litinovými dvířky se žáruvzdornou vyzdívkou.



**Obr. 3.3 Copéeova pec.**

Další vývoj pecí k výrobě koksu byl zaměřen na zvýšení výtěžnosti koksu a využití karbonizačního plynu, z něhož se získává mnoho cenných chemických zplodin, jako je dehet, čpavek, naftalen, benzen a jeho homology, fenol, pyridin, kyanovodík, sirovodík a koksárenský plyn.

### **3.2 Hlavní části koksárenských pecí**

Koksárenské pece, které se v současné době staví mají hodně společných prvků. Jedná se vždy o koksárenskou pec s vertikální komorou, regenerátorem k využití tepla spalin, topnou stěnou s topnými kanálky, dveřmi koksovací komory atd.

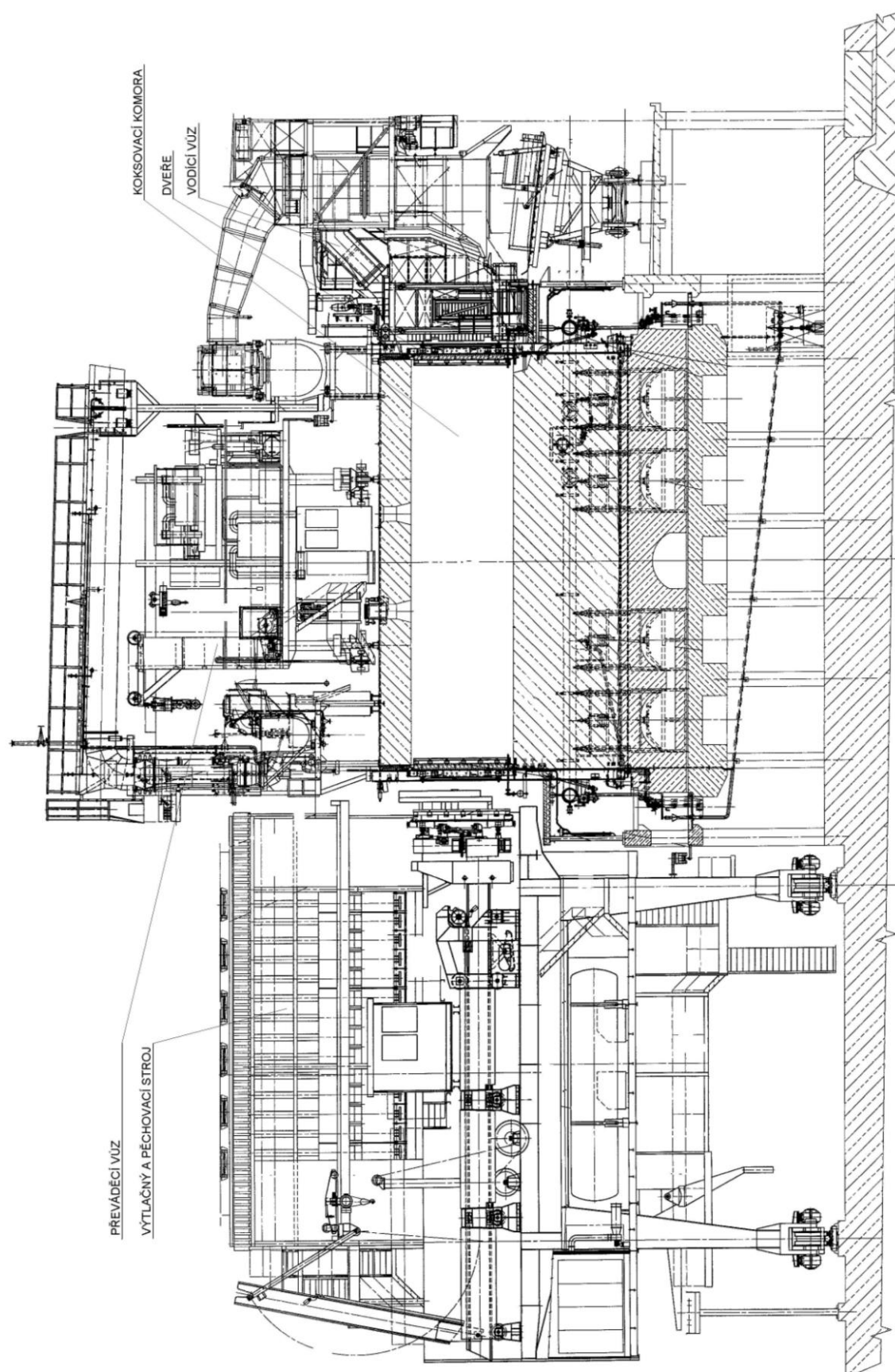
Jediný významný rozdíl mezi koksárenskými pecemi je v způsobu provozu. Myslí se tím, jest-li se jedná o provoz sypný nebo provoz pýchovaný. U sypného provozu na rozdíl od pýchovaného, jsou na stropě koksárenské pece navíc plnicí otvory pro nasypání uhelné náplně do koksovací komory a ve dveřích je v jejich horní části navíc uzavíratelný otvor, kterým se pomocí tyče srovnává nasypané uhlí do roviny. U pýchovaného provozu se uhelná náplň v podobě uhelného hranolu vsouvá do koksovací komory z čela dveřním otvorem.

Koksovací komora je vzduchotěsně a plynotěsně uzavíratelný prostor, ve kterém probíhá karbonizace uhlí za vysokých teplot. Tento prostor je po obou stranách vymezen topnými stěnami s topnými kanálky pro přívod požadovaného tepla do komory, dále dole dnem

komory a nahoře stropem se sběrným prostorem. Komora se na čelních stranách uzavírá dveřmi.

Velikost koksovací komory je navrhována na základě požadované výrobní kapacity koksu a jakosti koksu. Tedy zda se jedná o koks slévárenský nebo vysokopeční. Hlavním a nejdůležitějším rozměrem je šířka komory. Na ní závisí rychlost prostupu tepla, koksovací doba a zmiňovaná jakost koksu. Platí, že čím je komora širší, tím je koksovací doba delší.

Koksárenské pece se nikdy nestaví jednotlivě, ale sdružují se do jednoho společného bloku nazývaného baterie. Důvodů výstavby koksárenských pecí do baterie je celá řada. Jedním z nich je, že koksárenská pec potřebuje ke svému provozu obslužné příslušenství. Jako je předloha, výtlačný a pěchovací stroj, převáděcí vůz, vodící vůz atd. viz. Obr.3.4. Proto je logické využívat jedno příslušenství pro více pecí, tedy pro celou baterii. Dalším důvodem je tepelná bilance, která je pro celou baterii příznivější. Dalším důvodem je zastavěná plocha pozemku. Dalším je požadovaná výrobní kapacita atd.



Obr. 3.4 Příčný řez koksárenskou baterií.

## **4 Koksárenská baterie č.10 koksovny Svoboda**

Koksárenská baterie je vybavena rozsáhlým souborem různých strojních zařízení. Mezi ty základní patří výtlačný a pěchovací stroj, vodící vůz a převáděcí vůz. Jejich význam nemá smysl, abych v této práci obšírněji popisoval, proto je popíši pouze okrajově.

### ***4.1 Základní údaje***

Koksárenská baterie č.10 se nachází v areálu společnosti OKD OKK a.s. koksovny Svoboda. Koksárenská baterie slouží pro výrobu koksu vysokoteplotní karbonizací uhelné směsi. Při koksování vzniká surový koksárenský plyn odsávaný předlohou umístěnou na strojové straně do chemické části koksovny. Baterie má 56 koksovacích komor uspořádaných ve dvou blocích po 28 komorách s mezihlavou. Baterie je napojena na samostatný komín. Je obsluhována jednou sadou obsluhovacích strojů (výtlačný a pěchovací stroj, vodící vůz a převáděcí vůz) s možností obslužení výtlačným strojem a vodícím vozem z koksárenské baterie č.9.

Výtlačný a pěchovací stroj má několik zařízení. Už podle názvu jde o zařízení pro vytlačení vyrobeného koksu z koksovací komory ven na hasící vůz a zařízení pro upěchování nového uhelného hranolu a jeho vsazení do prázdné komory. Další zařízení jsou určeny k obsluze dveří. Mezi ně patří snímač dveří a čistič dveří. A nakonec je tady ještě čistič zárubní. Oba čističe zbavují dveře a zárubně zkoksovaného dehtu.

Vodící vůz je vybaven zákrytem hasícího vozu k zachycení prachu při vytlačování koksu z koksovací komory. Prach je odsáván prostřednictvím odprašovací předlohy umístěné na koksové straně do stávající odprašovací stanice společné pro všechny baterie koksovny Svoboda.

Převáděcí vůz na stropě baterie má přesávací zařízení k zachycení plnicích plynů po dobu obsazování komory uhelnou vsázkou a jejich převádění do jiné komory ve směru obsazování. Rovněž je vybaven čističem stoupaček pro odstraňování usazenin ve stoupačkách a kolenech.

Koksárenská baterie je vytápěna koksárenským plynem.



## **4.2 Technické parametry**

Typ baterie	STILL
Otop	koksárenský plyn
Způsob plnění komor	pěchovaný provoz
Druh vyráběného koksu	slévárenský
Koksovací doba	32 h
Počet komor v baterii	56
Výška komory za tepla	3500 mm
Střední šířka komory za tepla	515 mm
Konicita topné stěny	60 mm
Užitečná délka komory za tepla mezi dveřmi	13298 mm
Střední teplota v topných kanálech	1150 °C

## **4.3 Ekologická opatření**

Při provozování koksárenské baterie musí být dodrženy ustanovení vyplývající ze zákona o ovzduší č.211/1994 Sb. a emisní limity stanovené vyhláškou MŽP ČR č.117/1997 Sb.

### **4.3.1 Vlivy na ovzduší**

Při jednotlivých technologických operacích v rámci výrobního zařízení jsou emitovány znečišťující látky z těchto zdrojů:

- otop koksárenské baterie
- obsazování koksovacích komor
- netěsnosti koksárenské baterie
- vytlačování koksu

Dodržení zákonných emisních limitů je v případě zaručení těsnosti koksárenské baterie a to konkrétně těsnosti dveří garantováno jednotlivými technickými opatřeními. Jde o konstrukci nových samotěsnících dveří s těsníci elementy tvořeny pružnou těsnicí blánou z žárovzdorné nerezavějící oceli tvaru Z. Ta je dotlačována k těsnicí ploše zárubní pružnými členy umístěnými po obvodu tělesa dveří. Pružné členy zabezpečují stálé přitlačování těsnicí

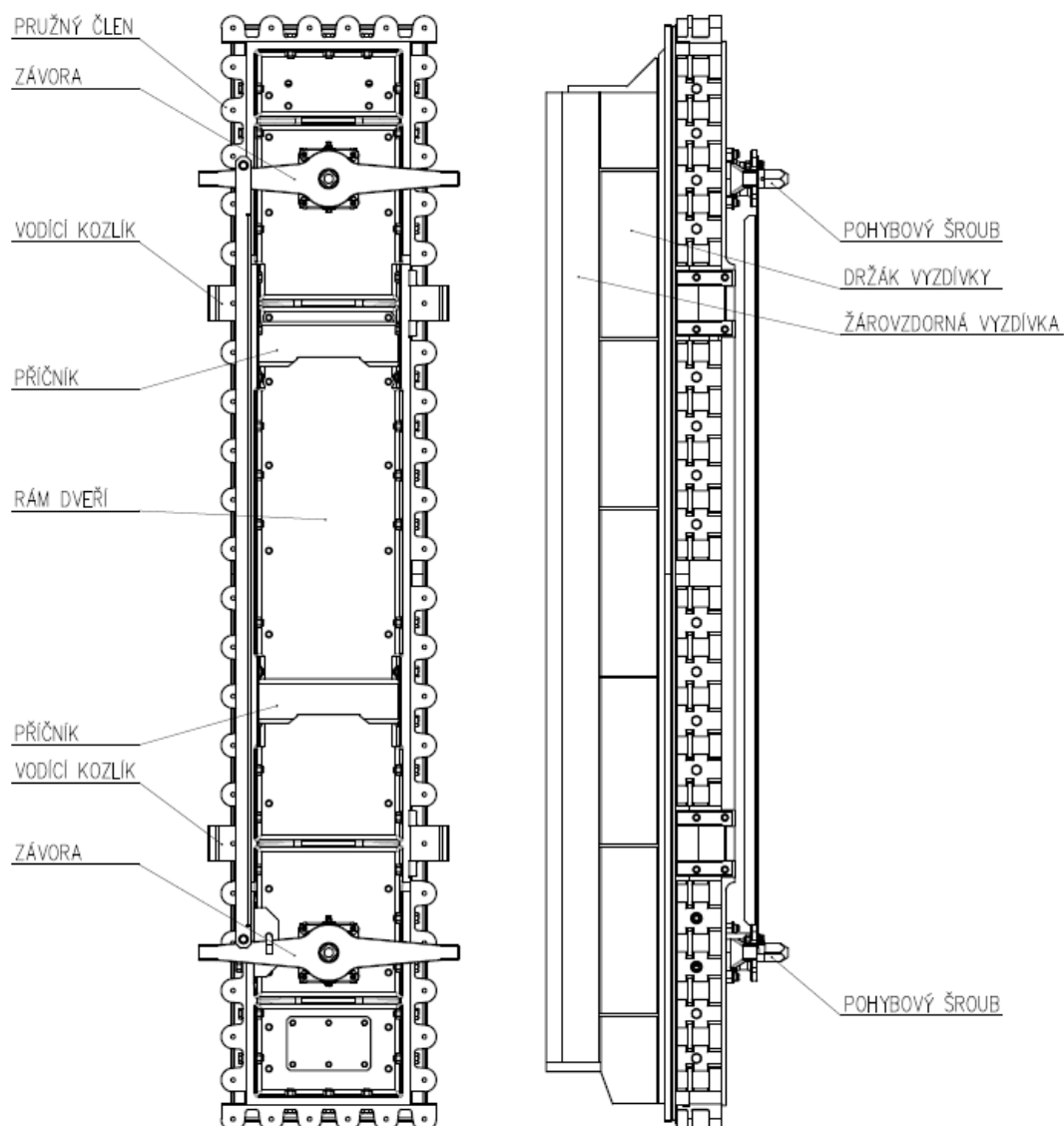
blány bez ohledu na různé teplotní poměry v průběhu koksování uhlé vsázky a tím zajišťují těsnost dveří.

## 5 Dveře

### 5.1 *Popis dveří*

Jak jsem již napsal v předešlých kapitolách, dveře slouží k uzavření a utěsnění koksovací komory a to z obou jejích stran, ze strany strojové a strany koksové. Pro obě strany jsou dveře v našem případě, tedy případě pýchovaného provozu, naprosto shodné.

Dveře jsou navrženy z částí znázorněných na viz. Obr.5.1.



Obr. 5.1 Dveře.

## 5.2 Technické parametry dveří

- hmotnost dveří bez vyzdívky	1875 kg
- hmotnost dveří s vyzdívkou	cca 2693 kg
- síla vyvinutá šroubovým uzávěrem	cca 56 kN
- síla pružiny pružného členu	cca 1863 N

## 5.3 Funkce dveří

Dveře musí být těsné a hermeticky uzavírat koksovací komoru, aby při karbonizaci uhlí nevnikal do komory žádný vzduch a naopak, aby z komory neunikal do ovzduší karbonizační plyn. Kromě toho dveře musí mít dostatečnou izolační schopnost, aby chránily uhelnou náplň na obou stranách komory před ochlazováním a zamezily tak tepelným ztrátám.

K těmto dvěma základním požadavkům je nutné přidat další:

- odolnost vůči změnám teploty a s tím spojené deformace
- konstrukční jednoduchost vzhledem k obsluze

V současné době se používají nejčastěji samotěsnící dveře, u nichž požadovaná těsnost je řešena stykem kovu na kov. Pro upřesnění jde o dosednutí břitu, který je součástí dveří na opracovanou plochu zárubní. Plocha tvořena břitem a zárubněmi se sama utěsňuje dehtem z karbonizačního plynu, který na těsnících plochách zkondenzuje a zkoksuje.

Protože v prvních hodinách po obsazení koksovací komory uhelnou náplní dochází k značným přetlakům plynů uvnitř komory, je nutné, aby těsnící styk kovu na kov těmto tlakům odolával.

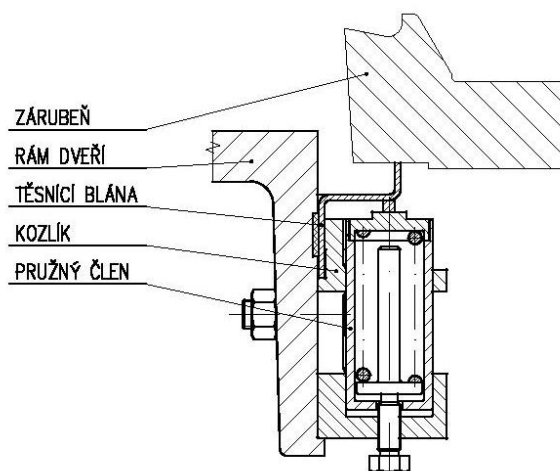
Špatná funkčnost navrženého konstrukčního řešení se projeví tím, že kolem dveří dojde k úniku do hněda dehtovými parami zabarveného plynu. To ale pouze na začátku, protože přetlak plynů v komoře se s koksovací dobou postupně snižuje a může klesnout ke konci koksovací doby i na podtlak. V této fázi může netěsnými dveřmi naopak vnikat do komory vzduch, čímž dojde ke spalování plynných zplodin a následně k tvorbě grafitu. Tedy jevu, který je při výrobě koksu nepřipustný. Proto je nutné, aby byla zařízení dveří věnována velká pozornost nejen při výrobě a montáži, ale i při dopravě, skladování, montáži na stavbě a také při samotném provozu a údržbě.

Těsnost dveří a jejich funkční spolehlivost při obsluze je závislá především na dodržování pravidelných kontrol a údržby. Hlavně strojním nebo ručním čištěním těsnících ploch od dehtových usazenin na dveřích i zárubních.

### 5.3.1 Těsnost

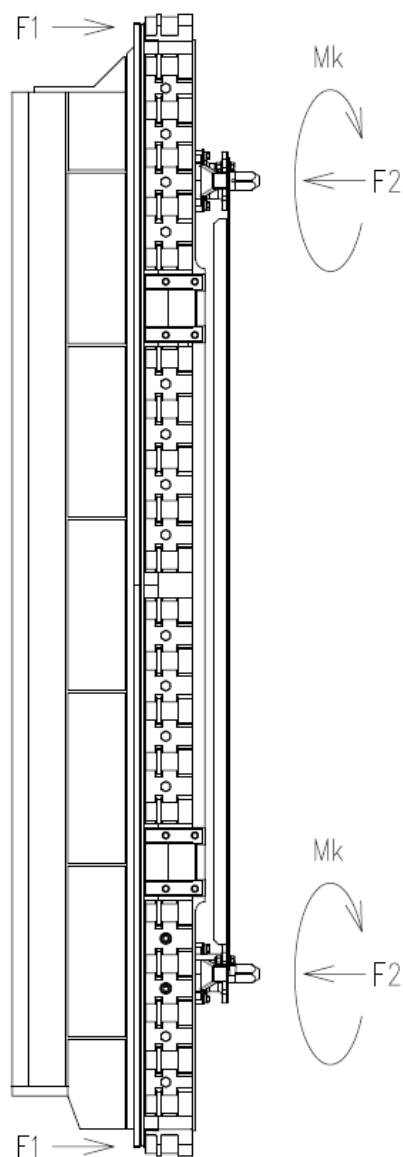
Existuje několik konstrukčních řešení těsnosti dveří, které jsou v praxi používány, já se budu zabývat pouze tím řešením, které je použito u dveří na koksárenské baterii č.10 koksovny Svoboda.

Po obvodu rámu dveří je pod kozlíky upevněna těsnicí blána vyrobená z žárovzdorného nerezového plechu ohnutého do tvaru Z. V jednotlivých kozlících jsou umístěny pružné členy, které těsnicí blánu přitlačují na těsnicí plochu zárubní. Pružné členy jsou řešeny s možností nastavení přitlačné síly nutné k překonání výše zmíněných přetlaků plynů. Jmenovitá přitlačná síla je stanovena na 1863 N pro každý z celkových 56 kusů pružných členů viz. Obr.5.2.



Obr. 5.2 Řez pružným členem.

Aby bylo možné dosáhnout přitlačné síly pružných členů, musí být vyvozena síla, která působí proti přitlačné síle. U dveří, které popisují se toho dosáhne pomocí šroubového uzávěru, který je na dveře namontován v počtu 2 kusů. Rozmístění jednotlivých pružných členů a šroubových uzávěrů včetně sil, je zobrazeno na viz. Obr.5.3.

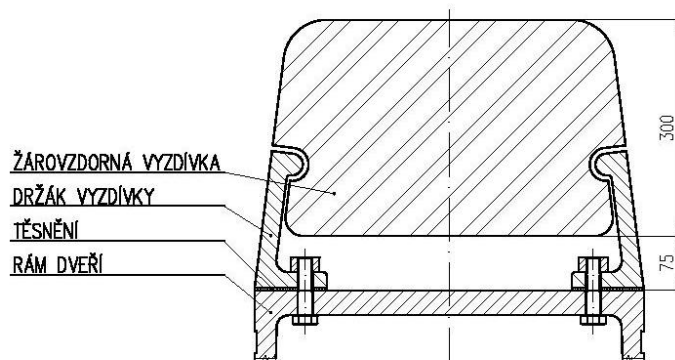


Obr. 5.3 Boční pohled na dveře se zobrazením sil.

### 5.3.2 Izolační schopnost

Základním nosným prvkem dveří je tzv. rám dveří vyrobený z litiny dle VN 42 8416. Ten sám o sobě není schopen zajistit, aby byly dveře schopny plnit izolační schopnost a chránit tak uhlounou náplň před ochlazováním. Proto jsou ze zadní strany na něj přišroubovány přes těsnění litinové držáky vyzdívky, spodní patka a horní patka. Litinové části jsou opět z litiny dle VN 42 8416, těsnění je z materiálu BA 1050. Prostor, který je těmito prvky vytvořen je vyplněn žárovzdornou vyzdívkou a to tak, že je ponechána vzduchová mezera mezi rámem

dveří a žárovzdornou vyzdívkou. Vzduchová mezera slouží pro usnadnění odvodu surového koksárenského plynu z komory. Vše zobrazuje řez viz. Obr.5.4.



Obr. 5.4 Příčný řez dveřmi.

#### 5.4 Popis činností při nasazování a snímání dveří

Při nasazování dveří na zárubeň a uzavření koksovací komory, jsou dveře zavěšené pomocí příčníků na snímači dveří výtlačného stroje nebo vodícího vozu. Zároveň jsou oba šroubové uzávěry zašroubovány rotačními hydromotory snímače dveří a závory natočeny do šikmé polohy. Dveře jsou při nasazování na zárubeň středěny pomocí vodících kozlíků upevněných na kleštinách po dvou kusech na každé straně dveří. Po přitlačení dveří snímačem dveří na zárubeň se dveře spustí na očištěný práh a po dosednutí se závory na šroubových uzávěrech natočí do horizontální polohy do háků. Po té rotační hydromotory začínají otáčet šroubovými uzávěry a jejich vysouváním jsou závory dotlačovány na háky, čímž se vyvíjí přitlačná síla těsnicí blány na těsnicí plochu zárubně přes pružné členy. Po dosažení potřebné přitlačné síly se rotační hydromotory vypnou. V tomto okamžiku jsou dveře nasazené a snímač dveří zajede na rameni zpět do výtlačného stroje nebo vodícího vozu.

Při snímání dveří a otevření koksovací komory je postup obrácený. Snímač dveří výtlačného stroje nebo vodícího vozu najede do blízkosti dveří. Nosiče snímače dveří zaklesnou pod příčníky a rotační hydromotory začínají otáčet šroubovými uzávěry a tím uvolňovat přitlačnou sílu těsnicí blány na těsnicí plochu zárubně. Po té jsou závory natočeny do šikmé polohy a celé dveře nadzvednuty pomocí příčníků. Tímto posunem dveří směrem nahoru

dojde ke smýknutí těsnicí blány po těsnicí ploše zárubní a zároveň k odtržení zkoksovaného dehtu. V dalším kroku jsou dveře snímačem dveří vysunuty ven k jejich očištění. Čištění dveří probíhá buď strojně, ve výjimečných případech i ručně. Po dokončení čištění jsou dveře připraveny k opětovnému nasazení na zárubeň a uzavření koksovací komory.



## **6 Snímač dveří**

### **6.1 *Popis zařízení***

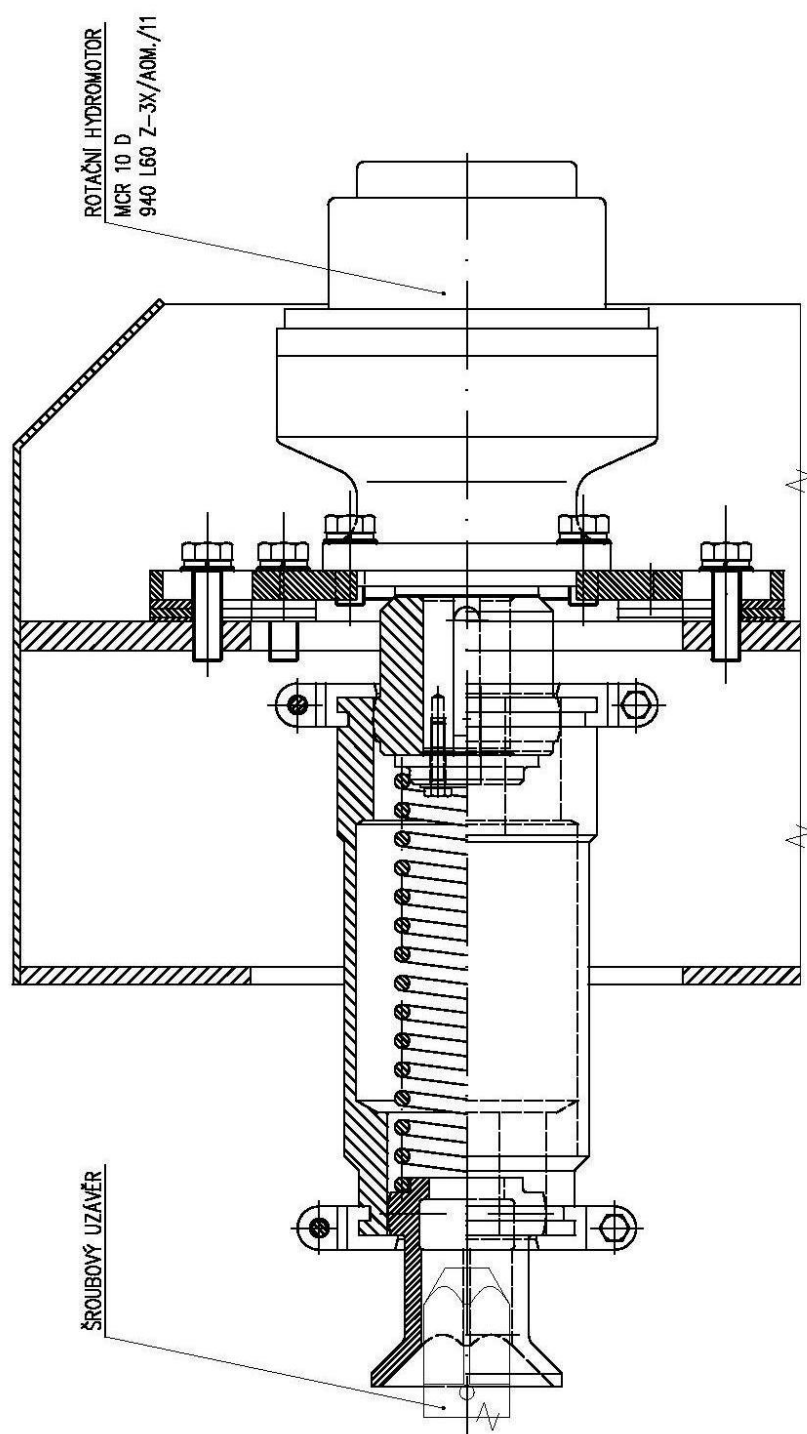
Snímač dveří je součástí zařízení výtlačného a přechovacího stroje. Slouží ke snímání a nasazování dveří koksovací komory a k jejich ustavení pro mechanické čištění v čističi dveří.

Je složen z nosného rámu, který je v přední části opatřen hlavicí s valivým uložením pro zavěšení otočného sloupu.

Otočný sloup je opatřen uvolňovačem dveřních uzávěrů, zvedacími háky a mechanismem pro otáčení šroubovými uzávěry.

Pohony otáčení sloupu, zvedání háků a otáčení závor jsou zajištěny pomocí hydroválců, pohon pružinového mechanismu uvolňování šroubového uzávěru tvoří rotační hydromotor viz. Obr.6.1.

Technické parametry rotačního hydromotoru viz. Příloha 14.1.



Obr. 6.1 Řez snímačem dveří.

## **7 Problematika šroubového uzávěru**

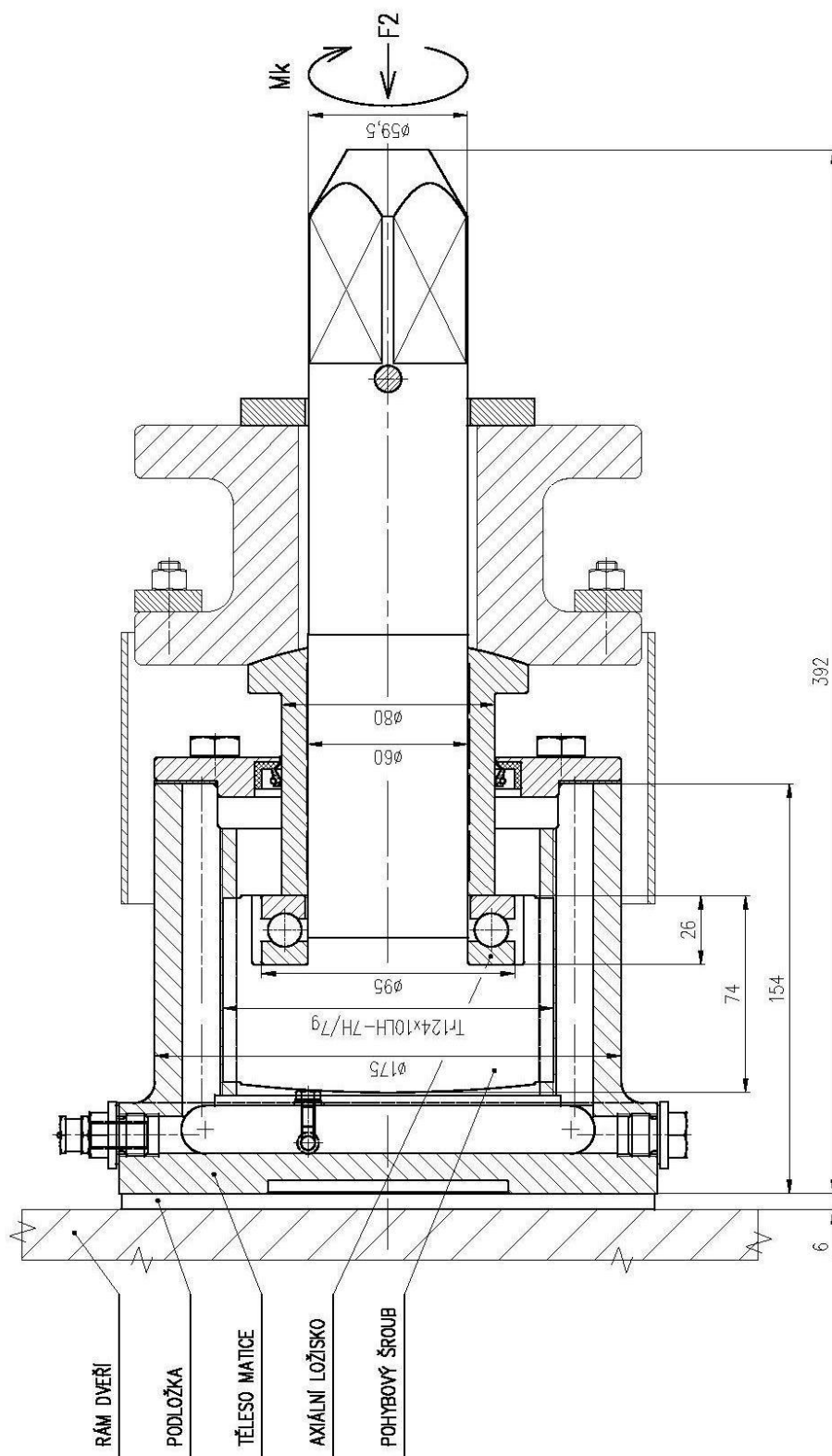
Po krátkém seznámení s koksárenstvím, koksárenskou baterií a dveřmi koksárenské baterie, se teď zaměříme na problematiku samotného šroubového uzávěru, který má jak jsem již v předchozích kapitolách vysvětlil, velký vliv na jednu základní funkci dveří a tou je těsnost.

V čem problematika spočívá a proč jí věnuji velkou část diplomové práce se budu snažit v této kapitole vysvětlit.

### **7.1 *Popis původního šroubového uzávěru***

Původní šroubový uzávěr viz. Obr.7.1 se skládá z matice, pohybového šroubu, závory, axiálního kuličkového ložiska, tlačného pouzdra s kulovou plochou a víka matice. Pohybový šroub se pomocí lichoběžníkového závitu pohybuje v matici, která tvoří zároveň s víkem matice nádrž na olej s plnicím a výpustným otvorem. Axiální ložisko zajišťuje styk otáčejících se ploch pohybového šroubu a závory. Styčná kulová plocha mezi tlačným pouzdrům a závorou umožňuje přesné nastavení závory v hácích zárubně, čímž nedochází k deformaci závory vlivem nestejných výšek háků. Ve spodní a horní části matice jsou vyvrtány podélné otvory zasahující částečně do profilu lichoběžníkového závitu, které spojují přední a zadní část dutiny a tím vyrovnávají hladinu oleje při posouvání pohybového šroubu. Současně umožňují mazání každého závitu.

Šroubový uzávěr je naplněn kompresorovým olejem Paramo K18 až po jeho montáži na rám dveří. Dveře při plnění olejem musí být ve svislé poloze. Vyšroubuje se kontrolní šroub M5 na levé straně matice (pod osou šroubového uzávěru). Plnění se provádí až do zahájení vytékání oleje z otvoru, následně se šroub našroubuje zpět. Vzhledem k větší viskozitě oleje je plnění nutno provádět pomalu.



Obr. 7.1 Řez původním šroubovým uzávěrem

## 7.2 Funkčnost v praxi a požadavek na změnu

Při aplikaci takto navrženého šroubového uzávěru do praxe se vyskytly problémy s jeho provozováním. Ty spočívaly v tom, že u koksárenských baterií s větší šířkou koksovací komory a tedy delší koksovací dobou, docházelo:

- k méně častému otáčení šroubovým uzávěrem a
- k časově delšímu působení tepla na dveře

V prvním případě to znamená, že dochází k nedostatečnému průběžnému promazání všech styčných ploch závitu pohybového šroubu. Navíc díky velké osové síle  $F_2$  působící na pohybový šroub je u části závitu, která není ponořena do oleje, olej ze styčných ploch závitu vytlačován.

Ve druhém případě dochází vlivem vysokých teplot na vnější straně rámu dveří k nadměrnému zahřívání oleje uvnitř matice a tím k jeho degradaci.

Důsledkem těchto skutečností dochází k tomu, že ve stykových plochách, díky vytlačení oleje a případně díky jeho přehřátí i k jeho spečení, se zvýší součinitel smykového tření. Ten má velký vliv na velikost požadovaného krouticího momentu  $M_R$ , který je nutný k překonání osové síly  $F_2$ . V případě, že hodnota požadovaného krouticího momentu je větší než krouticí moment  $M_K$ , který je k dispozici u rotačního hydromotoru snímače dveří, pak je logické, že šroubovým uzávěrem není možné otáčet, což se v praxi skutečně stává.

Z výše uvedeného musí platit:

$$M_K > M_R \quad [N.m]$$

Abych dokázal své tvrzení, dovolím si uvést pár údajů z teorie o závitech pohybového šroubu a matice a následně se pokusím doložit své tvrzení výpočty.

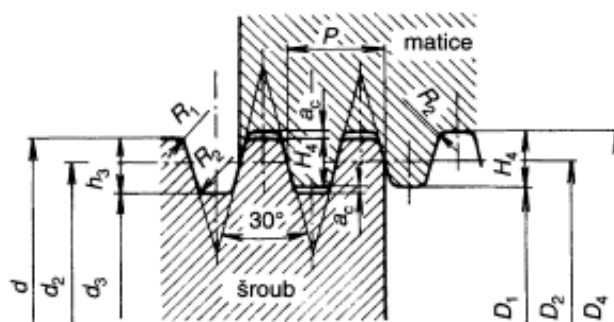
## 7.3 Teorie o závitech pohybového šroubu a matice

Z textu [6] pohybový šroub díky šroubové vazbě (závitu) umožňuje přeměnu otáčivého pohybu na pohyb posuvný a krouticího momentu na osovou sílu. Aby nedocházelo k nežádoucímu zpětnému pootočení pohybového šroubu díky osové síle, která na něj působí, musí být závit samosvorný. Závity jsou proto voleny jako jednochodé lichoběžníkové. V porovnání s metrickým závitem mají menší velikost úhlu profilu a tedy menší tření mezi

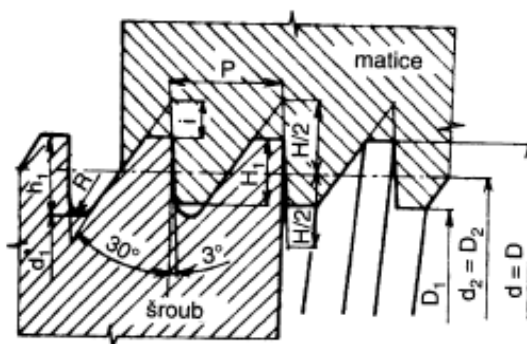
šroubem a maticí. Díky menšímu tření dochází k menšímu opotřebení závitů otěrem, což je u pohybových šroubů žádoucí. Pro dosažení ještě menšího tření je nutné závity mazat a provádět kvalitní údržbu.

### *Typy závitů dle [1] a [2]*

- lichoběžníkový rovnoramenný jednochodý závit viz. Obr.7.2
- lichoběžníkový nerovnoramenný závit viz. Obr.7.3



**Obr. 7.2** Základní rozměry lichoběžníkového rovnoramenného jednochodého závitu.

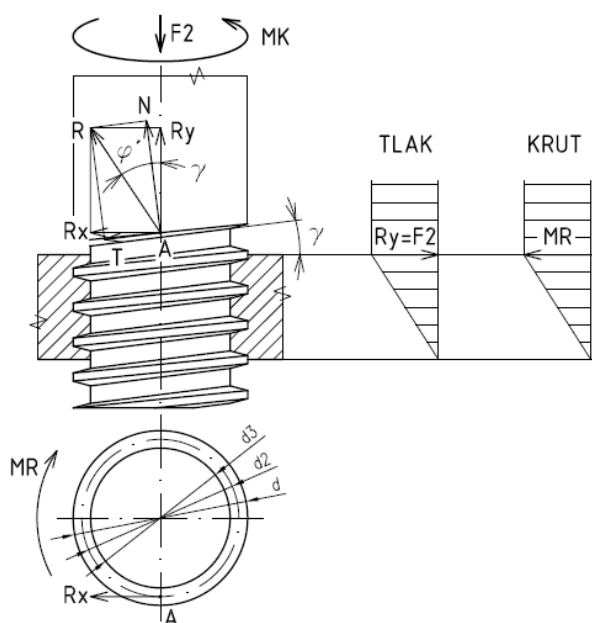


**Obr. 7.3** Základní rozměry lichoběžníkového nerovnoramenného závitu.

### *Návrh závitu pohybového šroubu dle [6]*

Na pohybový šroub působí vnější osová síla  $F_2$  a hnací kroutící moment  $M_K$ . Dále na něj působí reakce  $R$  šroubové vazby šroub-matice. Zjednodušeně předpokládáme, že styk šroub a matice se realizuje v bodě na středním průměru závitu šroubu a matice  $d_2 = D_2$ , např.

v bodě  $A$  viz. Obr.7.4 Reakční silový účinek  $R$  matice na závit šroubu v bodě  $A$  je v důsledku tření v závitech  $T$  odkloněn od normální síly  $N$  o třecí úhel  $\varphi'$ . Jeho obvodová složka  $R_x$  (tedy její moment  $M_R$ ), představuje odpor kladený šroubovicí závitů matice o úhlu stoupání  $\gamma$  a třením v závitech.



**Obr. 7.4 Silový obrazec.**

Ze silového obrazce viz. Obr.7.4 a podmínek silové a momentové rovnováhy platí:

$$R_x = F_2 \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi') \quad [N] \quad (7.1)$$

$$R_y = F_2 \quad [N] \quad (7.2)$$

$$M_R = M_K \quad [N.m] \quad (7.3)$$

Základním rozměrem pohybového šroubu je velikost závitu. Ten určíme z pevnostní kontroly jádra o malém průměru vnějšího závitu  $d_3$ . Pevnostní podmínka dle Guestovy pevnostní hypotézy pro namáhání tlakem a krutem je:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_d^2 + 4 \cdot \tau^2} \leq \sigma_D \quad [MPa], \quad (7.4)$$

kde napětí namáhání v tlaku  $\sigma_d$  a krutu  $\tau$  určíme pomocí vztahů:

$$\sigma_d = \frac{F_2}{S} \quad [MPa] \quad (7.5)$$

$$\tau = \frac{M_R}{W_K} \quad [MPa], \quad (7.6)$$

příčemž

$$M_R = R_X \cdot \frac{d_2}{2} \quad [N.m] \quad (7.7)$$

$$W_K = \frac{\pi \cdot d_3^3}{16} \quad [mm^3] \quad (7.8)$$

Než provedeme pevnostní kontrolu navrženého závitu, musíme nejdříve určit úhel stoupání závitu  $\gamma$  a třecí úhel  $\varphi'$ . Úhel stoupání závitu  $\gamma$  určíme ze vztahu:

$$\gamma = \arctg \frac{P}{\pi \cdot d_2} \quad [^\circ] \quad (7.9)$$

Výpočet třecího úhlu  $\varphi'$  vychází ze základního součinitele smykového tření  $f_z$  v závitech zvětšeného účinkem sklonu boků závitu daným úhlem profilu  $\beta = 30^\circ$  podle vztahu:

$$\varphi' = \arctg \frac{f_z}{\cos \frac{\beta}{2}} \quad [^\circ] \quad (7.10)$$

Pomocí obou vypočtených velikostí úhlů  $\gamma$  a  $\varphi'$  ověříme samosvornost:

$$\gamma \leq \varphi' \quad (7.11)$$

### ***Návrh matice dle [6]***

Výšku matice  $h_m$  určujeme s ohledem na velikost tlaku v závitech, za zjednodušujícího předpokladu že, osová síla  $F_2$  působící na pohybový šroub je rovnoměrně rozdělena na všechny závity matice:

$$h_m = z \cdot P \quad [mm] \quad (7.12)$$



kde z kontroly tlaku v závitech určíme počet závitů  $z$  :

$$z \geq \frac{F_2}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_D} \quad [-], \quad (7.13)$$

kde nosnou hloubku závitu  $H_1$  vypočítáme pomocí vztahu:

$$H_1 = \frac{d - D_1}{2} \quad [mm] \quad (7.14)$$

### **Účinnost dle [5] a [6]**

Účinnost je definována jako poměr práce vynaložené k překonání osově síly  $F_2$  o stoupání závitu  $s$  [mm] k práci vykonané při jednom otočení šroubu, tedy o úhel  $2\pi$  [rad].

Pro posun pohybovým šroubem vpřed a překonáváním osově síly  $F_2$  platí vztah:

$$\eta_{\uparrow} = \frac{F_2 \cdot s}{M_R \cdot 2 \cdot \pi} \quad [-], \quad (7.15)$$

Nutno podotknout, že účinnost u samosvorného šroubu se bude pohybovat v mezích od nuly do 0,5.

Pro posun vzad platí vztah:

$$\eta_{\downarrow} = 1 - \frac{\operatorname{tg}(\varphi' - \gamma)}{\operatorname{tg} \varphi'} \quad [-], \quad (7.16)$$

Oba vztahy v našem případě, ale neplatí po celou dobu pohybu šroubu. Je to dáno tím, že osová síla  $F_2$  při posunu vpřed roste z nulové hodnoty až na její konečnou hodnotu a při pohybu vzad je tomu naopak, z konečné hodnoty síla klesá až na hodnotu nulovou.

## **7.4 Přepočítání původního pohybového šroubu**

Po teoretické části nastává část výpočtová. V ní provedu kontrolní výpočet původního návrhu šroubového uzávěru, tedy jeho pohybového šroubu včetně všech s ním souvisejících prvků.

V případě původního šroubového uzávěru dveří byl použit lichoběžníkový rovnoramenný jednochodý závit Tr124x10LH-7g, který není dle [8] normy ČSN 01 4050 jak bych předpokládal. Proč tomu tak je, mi bohužel není známo a bohužel ani nemám k dispozici

podklady, které vedly k jeho určení. Nic méně tato skutečnost nijak nebrání tomu, abych kontrolní výpočet provedl.

Rozměry použitého závitu uvádím viz. Tab.7.1. Další vstupní data viz. Obr.5.3 a Obr.7.1:

$$\underline{\underline{M_K = 900\text{N.m}}}$$

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot 56}{2}$$

$$F_2 = \frac{1863.56}{2}$$

$$\underline{\underline{F_2 = 52164\text{N}}}$$

**Tab. 7.1 Rozměry lichoběžníkového rovnoramenného jednochodého závitu.**

Jmenovitý průměr závitu $d$	Rozteč $P$	Průměr závitu				
		velký		střední	malý	
		$d$	$D_4$	$d_2 = D_2$	$d_3$	$D_1$
124	10	124,000	125,000	119,000	113,000	114,000

#### 7.4.1 Výpočet

Pro úplnost výpočtu, provedu nejdřív kontrolní výpočet hřídele pohybového šroubu namáhaného kroučícím momentem  $M_K$  rotačního hydromotoru snímače dveří. Potom ověřím volbu axiálního ložiska. Pak bude následovat kontrola samosvornosti závitu. Po té výpočet požadovaného kroučícího momentu  $M_R$  na překonání osově síly  $F_2$  a nakonec provedu kontrolu pevnostní podmínky dle Guestovy pevnostní hypotézy pro namáhání tlakem a krutem.

U výpočtu požadovaného kroučícího momentu provedu dva výpočty. Jeden bude simulovat situaci, že závit je ideálně mazán olejem a druhý bude simulovat skutečný stav, tak jak jsem jej popsal v kapitole 7.2.

### **Hřídel**

Pohybový šroub jehož součástí je i hřídel, je vyroben z materiálu C55+N dle [11] a [12] normy ČSN EN 10250-1 a 2 kování. Hřídel o průměru  $d$  je namáhán pouze kroutícím momentem  $M_K$  od rotačního hydromotoru snímače dveří.

Dle Obr.7.1 uvádím základní hodnoty:

$$d = 59,5mm$$

$$M_K = 900N.m$$

U výpočtu hřídele budu vycházet z pevnostní podmínky namáhání v krutu:

$$\tau_{MAX} = \frac{M_K}{W_K} \leq \tau_{DOV}$$

kde

$$W_K = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$W_K = \frac{\pi \cdot 59,5^3}{16}$$

$$\underline{W_K = 41360mm^3}$$

$$\tau_{DOV} = \frac{\tau_C}{k_s}$$

$$\tau_{DOV} = \frac{330}{5}$$

$$\underline{\tau_{DOV} = 66MPa}$$

potom

$$\tau_{MAX} = \frac{M_K}{W_K} \leq \tau_{DOV}$$

$$\tau_{MAX} = \frac{900 \cdot 10^3}{41360} \leq 66 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\underline{\underline{\tau_{MAX} = 21,8MPa \leq 66MPa}}$$

### **Ložisko**

U původního šroubového uzávěru bylo zvoleno jednosměrné axiální kuličkové ložisko pod označením 51212 viz. Příloha 14.2.

U těchto typů ložisek je nutné, pro jejich uspokojivý provoz, aby na ně působilo minimální zatížení.

To vypočítáme dle vzorce:

$$F_{AM} = A \cdot \left( \frac{n}{1000} \right)^2$$

kde

$A = 0,12$  - součinitel minimálního zatížení viz. Příloha 14.2

$n = 20 \text{ ot. min}^{-1}$  - otáčky rotačního hydromotoru snímače dveří

potom

$$F_{AM} = A \cdot \left( \frac{n}{1000} \right)^2$$

$$F_{AM} = 0,12 \cdot \left( \frac{20}{1000} \right)^2$$

$$\underline{\underline{F_{AM} = 0,048 N}}$$

### ***Samosvornost závitu***

Součinitel smykového tření v závitech mezi pohybovým šroubem a maticí volím s ohledem na kombinaci jejich materiálů z tabulky viz. Příloha 14.4:

- závit mazán olejem  $f_z = 0,13$

- závit nemazán  $f_z = 0,30$

Nejdřív vypočítám úhel stoupání závitu  $\gamma$  dle vztahu (7.9).

$$\gamma = \arctg \frac{P}{\pi \cdot d_2}$$

$$\gamma = \arctg \frac{10}{\pi \cdot 119}$$

$$\underline{\underline{\gamma = 1,532^\circ}}$$

Potom velikost třecího úhlu  $\varphi'$  pro závit mazán olejem a pro závit nemazán dle vztahu (7.10) a následně zkontroluji samosvornost dle vztahu (7.11).

závit mazán

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{f_z}{\cos \frac{\beta}{2}}$$
$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{0,13}{\cos \frac{30^\circ}{2}}$$
$$\underline{\varphi' = 7,665^\circ}$$

$$\underline{\underline{\gamma \leq \varphi' \text{ vyhovuje}}}$$

závit nemazán

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{f_z}{\cos \frac{\beta}{2}}$$
$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{0,30}{\cos \frac{30^\circ}{2}}$$
$$\underline{\varphi' = 17,254^\circ}$$

$$\underline{\underline{\gamma \leq \varphi' \text{ vyhovuje}}}$$

### ***Krouticí moment***

Krouticí moment  $M_R$  vypočítám tak jako u samosvornosti pro oba případy, závit mazán a závit nemazán dle vztahů (7.1) a (7.7). Potom oba výsledky porovnám z kroutícím momentem  $M_K$  rotačního hydromotoru.

závit mazán

$$R_X = F_2 \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi')$$
$$R_X = 52164 \cdot \operatorname{tg}(1,532^\circ + 7,665^\circ)$$
$$\underline{R_X = 8446N}$$

potom

závit mazán

$$M_R = R_X \cdot \frac{d_2}{2}$$
$$M_R = 8446 \cdot \frac{119}{2}$$
$$\underline{M_R = 503N.m}$$

$$\underline{\underline{M_R < M_K \text{ vyhovuje}}}$$

závit nemazán

$$R_X = F_2 \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi')$$
$$R_X = 52164 \cdot \operatorname{tg}(1,532^\circ + 17,254^\circ)$$
$$\underline{R_X = 17744N}$$

závit nemazán

$$M_R = R_X \cdot \frac{d_2}{2}$$
$$M_R = 17744 \cdot \frac{119}{2}$$
$$\underline{M_R = 1056N.m}$$

$$\underline{\underline{M_R > M_K \text{ nevyhovuje}}}$$

### ***Pevnostní podmínka***

Nakonec provedu pevnostní kontrolu dle vztahu (7.4), (7.5) a (7.6).

kde

$$\begin{array}{lll}\sigma_d = \frac{F_2}{S} & S = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} & \sigma_d = \frac{F_2}{S} \\ & S = \frac{\pi \cdot 113^2}{4} & \sigma_d = \frac{52164}{10028} \\ & S = 10028 \text{ mm}^2 & \underline{\sigma_d = 5,2 \text{ MPa}} \\ \tau = \frac{M_R}{W_K} & W_K = \frac{\pi \cdot d_3^3}{16} & \tau = \frac{M_R}{W_K} \\ & W_K = \frac{\pi \cdot 113^3}{16} & \tau = \frac{1056 \cdot 10^3}{283313} \\ & W_K = 283313 \text{ mm}^3 & \underline{\tau = 3,7 \text{ MPa}}\end{array}$$

$$\begin{array}{l}\sigma_D = \frac{R_e}{k_s} \\ \sigma_D = \frac{330}{5} \\ \underline{\sigma_D = 66 \text{ MPa}}\end{array}$$

potom

$$\begin{array}{l}\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_d^2 + 4 \cdot \tau^2} \leq \sigma_D \\ \sigma_{red} = \sqrt{5,2^2 + 4 \cdot 3,7^2} \leq 66 \text{ vyhovuje} \\ \underline{\underline{\sigma_{red} = 9 \text{ MPa} \leq 66 \text{ MPa}}}\end{array}$$

### **7.4.2 Zhodnocení**

Z vypočtených hodnot kroutícího momentu  $M_R$  je zřejmé, že pokud je závit ideálně mazán, je jeho hodnota nižší než kroutící moment  $M_K$ , který je k dispozici z rotačního hydromotoru.

V případě, že závit mazán není, je jeho hodnota vyšší a proto není možné pohybovým šroubem otáčet, což potvrzuje skutečný stav.

Z výše uvedeného nezbývá než se pokusit navrhnout nové řešení šroubového uzávěru, tak aby byla jeho funkčnost zajištěna.

## 7.5 Návrh a výpočet nového pohybového šroubu

Než začnu s návrhem nového řešení šroubového uzávěru, provedu ještě jednou celý výpočet znovu s tím, že místo nestandardního lichoběžníkového závitu najdu rozměrově nejbližší možný standardizovaný závit viz. Tab.7.2 dle [8] normy ČSN 01 4050 viz. Příloha 14.3.

### 7.5.1 Volba závitu

Tab. 7.2 Rozměry lichoběžníkového rovnoramenného jednochodého závitu.

Jmenovitý průměr závitu $d$	Rozteč $P$	Průměr závitu				
		velký		střední	malý	
		$d$	$D_4$	$d_2 = D_2$	$d_3$	$D_1$
120	6	120,000	121,000	117,000	113,000	114,000

### 7.5.2 Výpočet

#### *Samosvornost závitu*

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{P}{\pi \cdot d_2}$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{6}{\pi \cdot 117}$$

$$\gamma = 0,935^\circ$$

závit mazán

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{f_z}{\cos \frac{\beta}{2}}$$

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{0,13}{\cos \frac{30^\circ}{2}}$$

$$\varphi' = 7,665^\circ$$

$$\underline{\underline{\gamma \leq \varphi' \text{ vyhovuje}}}$$

závit nemazán

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{f_z}{\cos \frac{\beta}{2}}$$

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{0,30}{\cos \frac{30^\circ}{2}}$$

$$\varphi' = 17,254^\circ$$

$$\underline{\underline{\gamma \leq \varphi' \text{ vyhovuje}}}$$

### ***Kroutící moment***

závit mazán

$$R_X = F_2 \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi')$$

$$R_X = 52164 \cdot \operatorname{tg}(0,935^\circ + 7,665^\circ)$$

$$\underline{R_X = 7889\text{N}}$$

závit nemazán

$$R_X = F_2 \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi')$$

$$R_X = 52164 \cdot \operatorname{tg}(0,935^\circ + 17,254^\circ)$$

$$\underline{R_X = 17140\text{N}}$$

potom

závit mazán

$$M_R = R_X \cdot \frac{d_2}{2}$$

$$M_R = 7889 \cdot \frac{117}{2}$$

$$\underline{M_R = 462\text{N.m}}$$

$$\underline{\underline{M_R < M_K}} \text{ vyhovuje}$$

závit nemazán

$$M_R = R_X \cdot \frac{d_2}{2}$$

$$M_R = 17140 \cdot \frac{117}{2}$$

$$\underline{M_R = 1003\text{N.m}}$$

$$\underline{\underline{M_R > M_K}} \text{ nevyhovuje}$$

### **7.5.3 Zhodnocení**

Z vypočtených hodnot kroutícího momentu  $M_R$  je zřejmé, že ani volba nejbližšího možného standardizovaného lichoběžníkového závitu dle normy ČSN 01 4050 jsem nedosáhl k jeho výraznému snížení až pod hodnotu  $M_K$ .

V další fázi diplomové práce se proto budu zabývat návrhem nového řešení šroubového uzávěru a zajištěním jeho funkční spolehlivosti.



## **8 Návrh a výpočet nového řešení šroubového uzávěru**

V předešlých fázích výpočtů a návrhu, jsem musel ověřit své tvrzení, že k pohybu šroubovým uzávěrem je zapotřebí většího krouticího momentu než máme k dispozici u rotačního hydromotoru. Bylo taky nutné, abych se pokusil nahradit původní nestandardní lichoběžníkový závit nejbližším možným závitem dle [8] normy ČSN 01 4050 a celý výpočet znovu opakoval. Oba výpočty potvrdily, že původní návrh šroubového uzávěru není v pořádku. Proto nastává třetí fáze a tou je návrh nového řešení.

Nové řešení spočívá v tom, že velikost lichoběžníkového závitu musím zmenšit, abych docílil snížení krouticího momentu  $M_R$ . Problémem ale je, že v momentě kdy začnu zmenšovat závit budu muset taky zmenšit velikost axiálního kuličkového ložiska. No a analogicky, když zmenším velikost ložiska, musím zmenšit průměr hřídele. Tady bohužel narážím na několik překážek:

- a) na konci hřídele je čtyřhran, který zmenšit není možné, protože jeho velikost je dána připojovací velikostí vstupu na snímači dveří.
- b) velikost otvoru v závoře je dána a není možné ji měnit, při zmenšení průměru hřídele vznikne velká vůle
- c) není možné měnit ani velikost pouzdra s kulovou plochou

Na základě těchto zjištění mi nezbývá než pohybový šroub rozdělit na dvě části. Část hřídelovou, která bude dále korespondovat s pouzdrem, závorou a snímačem dveří. A část závitovou, ve které provedu návrh a výpočet závitu k docílení požadovaného krouticího momentu  $M_R$ . Díky tomuto rozdělení pohybového šroubu musím zajistit spojení mezi oběma částmi pro přenos krouticího momentu. Uvažoval jsem o spojení pomocí těsného pera a drážky, ale nakonec díky pomocným výpočtům, které zde neuvádím, jsem jako nejvhodnější spojení zvolil rovnoboké drážkování dle [13] normy ČSN ISO 14. Vše viz. Obr.8.1.

Po těchto úpravách a výpočtech, které budou následovat zbývá už jediné a to volba nového oleje pro mazání závitu.



## 8.1 Výpočet spoje pro přenos kroutícího momentu

Vzhledem k tomu, že jsem pohybový šroub rozdělil na dvě části, musím k jejich spojení použít neposuvné spojení hřídele s nábojem. Pro tento typ spojení jsem zvolil rovnoboké drážkování dle normy ČSN ISO 14.

### 8.1.1 Výpočet

#### *Průměr hřídele dle [7]*

Předběžný průměr hřídele  $d$  určím zjednodušeně z pevnostní podmínky namáhání v krutu

$$\tau \leq \tau_D$$

kde

$$\tau = \frac{M_K}{W_K}$$

$$W_K = \frac{\pi d^3}{16}$$

$$\tau_D = \frac{\tau_{Kt}}{k_e} = \frac{0,577 \cdot R_e}{k_e}$$

z těchto vzorců sestavím vzorec pro výpočet průměru

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_K}{\pi \cdot \tau_D}}$$

kde

$$\tau_D = \frac{\tau_{Kt}}{k_e} = \frac{0,577 \cdot R_e}{k_e}$$

$$\tau_D = \frac{0,577 \cdot 330}{2}$$

$$\tau_D = 95,2 \text{ MPa}$$

potom

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_K}{\pi \cdot \tau_D}}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 900 \cdot 10^3}{\pi \cdot 95,2}}$$

$$\underline{\underline{d \geq 36,4 \text{ mm}}}$$

Vypočtený průměr bych měl zaokrouhlit na nejbližší vyšší normalizovaný průměr dle [9] normy ČSN 01 4990, tedy  $d = 38 \text{ mm}$ . Vzhledem k tomu, že jsem použil koeficient bezpečnosti vůči mezi kluzu v tahu  $k_e = 2$ , dovolím si provést zaokrouhlení na  $d = 36 \text{ mm}$ .

### ***Spojení pomocí drážkování dle [7]***

Podle vypočteného a voleného průměru hřídele  $d$  a velikosti kroutícího momentu  $M_K$  volím dle [13] normy ČSN ISO 14 počet ozubů  $z$  a jmenovité rozměry profilu drážkového hřídele viz. Tab.8.1 podle lehké řady.

**Tab. 8.1 Rozměry rovnobokého drážkování.**

$z \times d \times D$	$z$	$d$	$D$	$b$	$f$
8 x 36 x 40	8	36	40	7	0,4

Nejdřív vypočítám střední průměr  $D_s$  profilu drážkového hřídele

$$D_s = \frac{D + d}{2}$$

$$D_s = \frac{40 + 36}{2}$$

$$\underline{\underline{D_s = 38mm}}$$

Následně vypočítám délku drážkového spoje  $l$  z pevnostní kontroly namáhání na otláčení boků ozubů a drážek

$$p_3 = \frac{F_3}{f' l} \leq p_D \text{ po úpravě tedy, } l \geq \frac{F_3}{f' \cdot p_D}$$

kde

$$F_3 = \frac{2 \cdot M_K}{D_s}$$

$$F_3 = \frac{2 \cdot 900 \cdot 10^3}{38}$$

$$\underline{\underline{F_3 = 47368N}}$$

$$f' = \frac{3}{4} \cdot z \cdot (h - 2 \cdot f) \cdot 1$$

$$f' = \frac{3}{4} \cdot z \cdot \left( \frac{D - d}{2} - 2 \cdot f \right) \cdot 1$$

$$f' = \frac{3}{4} \cdot 8 \cdot \left( \frac{40 - 36}{2} - 2 \cdot 0,4 \right) \cdot 1$$

$$\underline{\underline{f' = 7,2mm^2 \cdot mm^{-1}}}$$

potom

$$l \geq \frac{F_3}{f' \cdot p_D}$$
$$l \geq \frac{47368}{7,2 \cdot 100}$$
$$l \geq \underline{\underline{65,8mm}}$$

Takto navržený spoj viz. Obr.8.1 je zajištěn proti osovému posuvu pojistnou deskou, šroubem s šestihrannou hlavou a pružnou podložkou dle [10] normy ČSN 02 2703.

## **8.2 Výpočet nového pohybového šroubu**

Tento výpočet bude naprosto identický z předešlým výpočtem pohybového šroubu. Přibude zde pouze volba nového axiálního kuličkového ložiska.

### **8.2.1 Výpočet**

#### ***Volba nového ložiska***

Ložisko volím dle vypočteného průměru  $D$  hřídele s rovnobokým drážkováním. Volím jednosměrné axiální kuličkové ložisko pod označením 51109 viz.Příloha. Kde základní rozměry jsou:

$$d = 45mm$$

$$D = 65mm$$

$$H = 14mm$$

U něhož opět vypočítám minimální zatížení dle vzorce

$$F_{AM} = A \cdot \left( \frac{n}{1000} \right)^2$$

kde

$A = 0,025$  - součinitel minimálního zatížení viz. Příloha 14.2

$n = 20 \text{ ot. min}^{-1}$  - otáčky rotačního hydromotoru snímače dveří

potom

$$F_{AM} = A \cdot \left( \frac{n}{1000} \right)^2$$

$$F_{AM} = 0,025 \cdot \left( \frac{20}{1000} \right)^2$$

$$\underline{\underline{F_{AM} = 0,01N}}$$

### ***Volba nového závitu***

Nový zavit musím zvolit s odkazem na rozměry ložiska. Konkrétně se jedná o jeho vnější průměr  $D = 65mm$ . Když k tomu připočítám minimální tloušťku materiálu matice, která je doporučena [14] normou ČSN 42 2304 a minimální vůli, dostávám průměr závitu  $d_3$ .

$$d_3 = 65 + 2 \cdot (5 + 1)$$

$$\underline{\underline{d_3 = 77mm}}$$

Rozměry nového závitu viz. Tab.8.2 volené dle [8] normy ČSN 01 4050 viz. Příloha 14.3.

**Tab. 8.2 Rozměry lichoběžníkového rovnoramenného jednochodého závitu.**

Jmenovitý průměr závitu $d$	Rozteč $P$	Průměr závitu				
		velký		střední	malý	
		$d$	$D_4$	$d_2 = D_2$	$d_3$	$D_1$
90	12	90,000	91,000	84,000	77,000	78,000

### ***Samosvornost závitu***

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{P}{\pi \cdot d_2}$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{12}{\pi \cdot 84}$$

$$\underline{\underline{\gamma = 2,604^\circ}}$$

závit mazán

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{f_z}{\cos \frac{\beta}{2}}$$
$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{0,13}{\cos \frac{30^\circ}{2}}$$
$$\underline{\varphi' = 7,665^\circ}$$

$$\underline{\underline{\gamma \leq \varphi' \text{ vyhovuje}}}$$

závit nemazán

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{f_z}{\cos \frac{\beta}{2}}$$
$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{0,30}{\cos \frac{30^\circ}{2}}$$
$$\underline{\varphi' = 17,254^\circ}$$

$$\underline{\underline{\gamma \leq \varphi' \text{ vyhovuje}}}$$

### ***Krouticí moment***

závit mazán

$$R_X = F_2 \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi')$$
$$R_X = 52164 \cdot \operatorname{tg}(2,604^\circ + 7,665^\circ)$$
$$\underline{R_X = 9451N}$$

potom

závit mazán

$$M_R = R_X \cdot \frac{d_2}{2}$$
$$M_R = 9451 \cdot \frac{84}{2}$$
$$\underline{M_R = 397N.m}$$

$$\underline{\underline{M_R < M_K \text{ vyhovuje}}}$$

závit nemazán

$$R_X = F_2 \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi')$$
$$R_X = 52164 \cdot \operatorname{tg}(2,604^\circ + 17,254^\circ)$$
$$\underline{R_X = 18839N}$$

závit nemazán

$$M_R = R_X \cdot \frac{d_2}{2}$$
$$M_R = 18839 \cdot \frac{84}{2}$$
$$\underline{M_R = 791N.m}$$

$$\underline{\underline{M_R < M_K \text{ vyhovuje}}}$$

### ***Pevnostní podmínka***

$$\sigma_d = \frac{F_2}{S}$$

$$S = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4}$$

$$S = \frac{\pi \cdot 77^2}{4}$$

$$S = 4656mm^2$$

$$\sigma_d = \frac{F_2}{S}$$

$$\sigma_d = \frac{52164}{4656}$$

$$\underline{\underline{\sigma_d = 11,2MPa}}$$

$$\tau = \frac{M_K}{W_K}$$

$$W_K = \frac{\pi \cdot d_3^3}{16}$$

$$W_K = \frac{\pi \cdot 77^3}{16}$$

$$W_K = 89640 \text{ mm}^3$$

$$\tau = \frac{M_K}{W_K}$$

$$\tau = \frac{900 \cdot 10^3}{89640}$$

$$\tau = 10,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k_S}$$

$$\sigma_D = \frac{330}{5}$$

$$\sigma_D = 66 \text{ MPa}$$

potom

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_d^2 + 4 \cdot \tau^2} \leq \sigma_D$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{11,2^2 + 4 \cdot 10,0^2} \leq 66 \text{ vyhovuje}$$

$$\sigma_{red} = 22,9 \text{ MPa} \leq 66 \text{ MPa}$$

## 8.2.2 Zhodnocení

Výpočty jsem ověřil správnost navrhnutého řešení nového pohybového šroubu, a to výsledným kroutícím momentem  $M_R$ , jehož hodnota musí být menší než hodnota kroutícího momentu  $M_K$  rotačního hydromotoru snímače dveří.

## 8.3 Návrh a výpočet nové matice

Vzhledem k tomu, že jsem změnil původní závit Tr124x10 za menší Tr90x12, musím logicky přizpůsobit i vnější rozměr matice. Důvodem je pouze úspora materiálu, který by byl jinak zbytečně použit.

Nejdřív vypočítám výšku matice dle vzorců (7.12), (7.13) a (7.14). Potom určím tloušťku tělesa matice, přičemž budu vycházet z původního návrhu matice a [14] normy ČSN 42 2304. A nakonec matici pevnostně zkontroluji na současné namáhání tlakem a krutem.



### 8.3.1 Výpočet

#### *Výška matice*

Výška matice podle vzorců (7.12), (7.13) a (7.14). Hodnotu dovoleného měrného tlaku v závitech  $p_D$  určím dle použitého materiálu pro šroub a pro matici dle tabulky viz. Příloha 14.5.

$$\begin{array}{lll} H_1 = \frac{d - D_1}{2} & z \geq \frac{F_2}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_D} & h_m = z \cdot P \\ H_1 = \frac{90 - 78}{2} & z \geq \frac{52164}{\pi \cdot 84 \cdot 6 \cdot 10} & h_m = 4.12 \\ \underline{H_1 = 6mm} & \underline{z \geq 3,3 \Rightarrow 4} & \underline{\underline{h_m = 48mm}} \end{array}$$

#### *Tloušťka tělesa matice*

Tloušťka matice je dána vnitřním průměrem, který je v tomto případě velký průměr závitu  $D_4$  a vnějším průměrem  $D_V$ . Ten vychází z připočtením průměru podélného otvoru pro mazání závitu a minimální tloušťky materiálu, jenž je stanovena v [14] normě ČSN 42 2304.

$D_4 = 91mm$  - velký průměr závitu

$14mm$  - průměr podélného otvoru pro mazání závitu

$5mm$  - minimální tloušťka materiálu dle normy ČSN 42 2304

potom

$$D_V = D_4 + 2 \cdot (14 + 5)$$

$$D_V = 91 + 2 \cdot 19$$

$$\underline{\underline{D_V = 129mm}}$$

Po dodatečném přeměření tloušťky matice u původního návrhu šroubového uzávěru, měním vypočtený vnější průměr  $D_V$  na

$$\underline{\underline{D_V = 140mm}}$$

### ***Pevnostní podmínka***

Matici zkontroluji podle Guestovy pevnostní hypotézy pro namáhání tlakem a krutem, k čemuž použiji vzorec (7.4).

kde

$$\begin{aligned}\sigma_d &= \frac{F_2}{S} & S &= \frac{\pi \cdot (D_V^2 - D_4^2)}{4} & \sigma_d &= \frac{F_2}{S} \\ & & S &= \frac{\pi \cdot (140^2 - 91^2)}{4} & \sigma_d &= \frac{52164}{8890} \\ & & S &= 8890 \text{ mm}^2 & \sigma_d &= 5,9 \text{ MPa} \\ \tau &= \frac{M_K}{W_K} & W_K &= \frac{\pi}{16} \cdot D_V^3 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{D_4}{D_V} \right)^4 \right] & \tau &= \frac{M_K}{W_K} \\ & & W_K &= \frac{\pi}{16} \cdot 140^3 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{91}{140} \right)^4 \right] & \tau &= \frac{900 \cdot 10^3}{442607} \\ & & W_K &= 442607 \text{ mm}^3 & \tau &= 2,0 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_D &= \frac{R_e}{k_s} \\ \sigma_D &= \frac{250}{5} \\ \sigma_D &= 50 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Potom

$$\begin{aligned}\sigma_{red} &= \sqrt{\sigma_d^2 + 4 \cdot \tau^2} \leq \sigma_D \\ \sigma_{red} &= \sqrt{5,9^2 + 4 \cdot 2,0^2} \leq 50 \text{ vyhovuje} \\ \sigma_{red} &= 7,1 \text{ MPa} \leq 50 \text{ MPa}\end{aligned}$$

### **8.3.2 Zhodnocení**

Navržené těleso nové matice vyhovuje svou pevností namáhání na tlak a na krut. I přes použití velkého součinitele bezpečnosti je navržená matice výrazně předimenzovaná. To však není důvod, abych rozměry matice měnil.

## 9 Účinnost

V této kapitole provedu výpočet účinnosti původního závitu pohybového šroubu a nového navrženého závitu. Výpočet provedu pro dva případy. Jeden pro závit mazán a druhý pro závit nemazán. Jejich porovnáním zjistím zda i v této oblasti jsem došel k lepším parametrům. Za tímto účelem použiji vzorce (7.15) pro posun pohybovým šroubem vpřed a (7.16) pro posun vzad.

### 9.1 Původní závit

Nejdřív vypočítám stoupání závitu  $s$

kde

$$s = \pi \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg} \gamma$$

$$s = \pi \cdot 119 \cdot \operatorname{tg} 1,532^\circ$$

$$\underline{s = 10,0}$$

potom

závit mazán

$$\eta_{\uparrow} = \frac{F_2 \cdot s}{M_R \cdot 2 \cdot \pi}$$

$$\eta_{\uparrow} = \frac{52164 \cdot 10,0}{503 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot \pi}$$

$$\underline{\underline{\eta_{\uparrow} = 0,165}}$$

$$\eta_{\downarrow} = 1 - \frac{\operatorname{tg}(\varphi' - \gamma)}{\operatorname{tg} \varphi'}$$

$$\eta_{\downarrow} = 1 - \frac{\operatorname{tg}(7,665^\circ - 1,532^\circ)}{\operatorname{tg} 7,665^\circ}$$

$$\underline{\underline{\eta_{\downarrow} = 0,202}}$$

závit nemazán

$$\eta_{\uparrow} = \frac{F_2 \cdot s}{M_R \cdot 2 \cdot \pi}$$

$$\eta_{\uparrow} = \frac{52164 \cdot 10,0}{1056 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot \pi}$$

$$\underline{\underline{\eta_{\uparrow} = 0,079}}$$

$$\eta_{\downarrow} = 1 - \frac{\operatorname{tg}(\varphi' - \gamma)}{\operatorname{tg} \varphi'}$$

$$\eta_{\downarrow} = 1 - \frac{\operatorname{tg}(17,254^\circ - 1,532^\circ)}{\operatorname{tg} 17,254^\circ}$$

$$\underline{\underline{\eta_{\downarrow} = 0,094}}$$

## 9.2 Nový závit

Opět nejdříve stoupání závitu  $s$

kde

$$s = \pi \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg} \gamma$$

$$s = \pi \cdot 84 \cdot \operatorname{tg} 2,604^\circ$$

$$\underline{s = 12,0}$$

potom

závit mazán

$$\eta_{\uparrow} = \frac{F_2 \cdot s}{M_R \cdot 2 \cdot \pi}$$

$$\eta_{\uparrow} = \frac{52164 \cdot 12,0}{397 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot \pi}$$

$$\underline{\underline{\eta_{\uparrow} = 0,251}}$$

$$\eta_{\downarrow} = 1 - \frac{\operatorname{tg}(\varphi' - \gamma)}{\operatorname{tg} \varphi'}$$

$$\eta_{\downarrow} = 1 - \frac{\operatorname{tg}(7,665^\circ - 2,604^\circ)}{\operatorname{tg} 7,665^\circ}$$

$$\underline{\underline{\eta_{\downarrow} = 0,342}}$$

závit nemazán

$$\eta_{\uparrow} = \frac{F_2 \cdot s}{M_R \cdot 2 \cdot \pi}$$

$$\eta_{\uparrow} = \frac{52164 \cdot 12,0}{791 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot \pi}$$

$$\underline{\underline{\eta_{\uparrow} = 0,126}}$$

$$\eta_{\downarrow} = 1 - \frac{\operatorname{tg}(\varphi' - \gamma)}{\operatorname{tg} \varphi'}$$

$$\eta_{\downarrow} = 1 - \frac{\operatorname{tg}(17,254^\circ - 2,604^\circ)}{\operatorname{tg} 17,254^\circ}$$

$$\underline{\underline{\eta_{\downarrow} = 0,158}}$$

## 9.3 Zhodnocení

Z výsledků je zřejmé, že navržením nového závitu pohybového šroubu jsem dosáhl lepší účinnosti než u původního návrhu a to v obou směrech.

## **10 Návrh mazání nového pohybového šroubu**

Obecně platí, že pro dosažení větší životnosti a spolehlivosti pohybového mechanismu, musí být stykové plochy jeho pohybových částí mazány. Ne jinak je to i u pohybových šroubů.

Vysoká teplota je nejdůležitějším parametrem, na základě kterého budu volit mazivo pro nový šroubový uzávěr. Proto v první fázi uvedu teploty, které byly při provozu na vnější části rámu dveří naměřeny. A v druhé části uvedu doporučení výrobců maziv.

### **10.1 Původní mazivo**

V případě původního návrhu šroubového uzávěru, byl k mazání použit kompresorový olej Paramo K18. Je to olej, který patří do skupiny kompresorových olejů. Vyznačuje se výbornou chemickou stálostí i při vysokých teplotách.

Použití:

- mazání vzduchových a plynových kompresorů, průmyslových převodovek
- případně i jako teplonosné médium

Kvalitativní parametry:

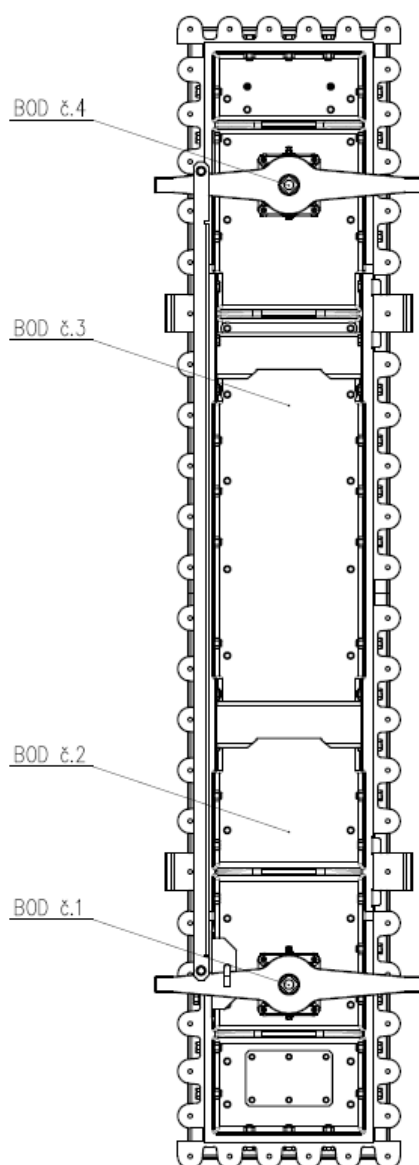
- |                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| - viskozita při 40°C | 250 mm <sup>2</sup> /s |
| - viskozitní index   | 90                     |
| - bod tekutosti      | -9 °C                  |
| - bod vzplanutí      | 250 °C                 |

### **10.2 Měření teploty dveří**

Vzhledem k tomu, že hlavním parametrem ovlivňujícím kvalitu použitého oleje pro mazání závitu pohybového šroubu je teplota, bylo nutné provést její měření.

Protože v této diplomové práci popisuji dveře, které ještě nejsou uvedeny v provozu, bylo nutné provést měření teploty na dveřích koksárenské baterie č.9 Koksozny Svoboda. Na této baterii jsou dveře obdobné konstrukce, proto se dá předpokládat, že hodnoty naměřené na těchto dveřích se budou blížit hodnotám na dveřích nových, které budou instalovány na koksárenské baterii č.10.

Na dveřích byla vytipována čtyři místa, na kterých měření proběhlo. Dvě z nich přímo na rámu dveří a další dvě na konci šroubových uzávěrů viz. Obr.10.1. Místa na konci šroubových uzávěrů viz. Obr.10.1. body č.1 a č.4, byly vybrány záměrně proto, aby bylo zjištěno k jakému poklesu teploty na nich dochází.



**Obr. 10.1 Místa měření teploty dveří.**

Vzhledem k tomu, že dveře jsou použity na obou stranách koksovací komory a jsou jak jsem se již zmínil stejné konstrukce, bylo měření teploty provedeno na obou dveřích. Jak na straně strojové tak straně koksové. Dále bylo nutné změřit teploty i v různých fázích provozu. Tedy

provozu kdy je koksovací komora naplněna (obsazena) uhelnou vsázkou a probíhá jeho karbonizace a provozu kdy je koksovací komora prázdná (neobsazená).

Měření teploty bylo provedeno pomocí ručního infračerveného pyrometru. Což patří mezi bezdotykové způsoby měření. Teploty, které pomocí této techniky byly naměřeny uvádím v tabulkách viz. Tab.10.1 a Tab.10.2.

**Tab. 10.1 Naměřené teploty.**

Obsazená koksovací komora			
		Strojová strana	Koksová strana
Teplota v bodě č.1	°C	37,5	46
Teplota v bodě č.2	°C	115	136
Teplota v bodě č.3	°C	120	148
Teplota v bodě č.4	°C	47,5	65

**Tab. 10.2 Naměřené teploty.**

Neobsazená koksovací komora			
		Strojová strana	Koksová strana
Teplota v bodě č.1	°C	30	53
Teplota v bodě č.2	°C	103	143
Teplota v bodě č.3	°C	131	167
Teplota v bodě č.4	°C	50	82

Z výsledku měření je vidět, že nejvyšší teplota byla naměřena na rámu dveří v bodě č.3 viz. Tab.10.2 ve fázi neobsazené koksovací komory. Její hodnota je 167°C, což je výchozím parametrem pro volbu maziva.

### **10.3 Volba maziva**

Po zvážení všech již sdělených vstupních parametrů

- velká osová síla
- nízké otáčky
- vysoká teplota,

které je nutné znát při volbě maziva a oslovení některých dodavatelů, je jedinou rozumnou volbou plastické mazivo. Současné mazivo, kompresorový olej Paramo 18, který byl u původního šroubového uzávěru navržen je pro tento konstrukční uzel za daných podmínek nevhodný.

Navrhovaná plastická maziva:

#### ***WOLFRACAT C firmy KLÜBER***

Vysokoteplotní mazací pasta šedé barvy s nádechem barvy mědi. Produkt obsahuje syntetický uhlovodíkový olej, silikát a pigmenty. Oblast použití  $-30^{\circ}\text{C}$  až  $+200^{\circ}\text{C}$  viz. Příloha 14.7.

#### ***MOL Helios 2M firmy MOL-LUB***

Plastické mazivo bentonitového typu s přídavkem disulfid molybdenu  $\text{MoS}_2$  určené pro vysokoteplotní aplikace. Oblast použití  $-20^{\circ}\text{C}$  až  $+200^{\circ}\text{C}$  viz. Příloha 14.8.

#### ***CALORIS MS 23 firmy TOTAL***

Obsahuje disulfid molybdenu  $\text{MoS}_2$ , mazání při velmi vysokých teplotách s velice pravidelnými intervaly doplňování. Mazání pomaloběžných zařízení provozovaných pod velkým zatížením a rázy. Provozní teplota se pohybuje v rozmezí  $-15^{\circ}\text{C}$  až  $+160^{\circ}\text{C}$ .

#### ***CERAN MS firmy TOTAL***

Víceúčelové plastické mazivo pro extrémní tlaky s obsahem  $\text{MoS}_2$  pro mazání při značných zátěžích k použití za vysokých teplot a ve vlhkém a prašném prostředí v oblasti průmyslu i veřejných prací. Vynikající odolnost proti vodě i extrémním tlakům. Skvělé vlastnosti zamezující opotřebení a korozi. Provozní teplota se pohybuje v rozmezí  $-20^{\circ}\text{C}$  až  $+180^{\circ}\text{C}$ .

Konečnou volbu konkrétního maziva v rámci této práce neprovedu. Je to z toho důvodu, že konečná volba je nakonec vždy ovlivněna obchodními podmínkami. Těmi hlavními je termín dodávky a cena.



## **11 Návrh plánu údržby**

V průběhu tvorby diplomové práce, jsem se několikrát zmínil o dvou základních funkcích dveří. Pro připomenutí těsnost a izolační schopnost. Proč tyto pojmy zmiňuji i v této kapitole je zřejmé. Údržba dveří je zaměřena právě k jejich zajištění v průběhu celého provozu koksárenské baterie. Znovu opakuji, že hlavně těsnost zaručuje správný průběh karbonizace uhlí a jeho přeměnu v koks.

Pro správné navržení plánu údržby dveří byly na nich v průběhu vývoje a výstavby koksárenských baterií vytipována tato místa ke kontrole:

- těsnící plochy dveří a zárubní
- těsnící blána
- mezera mezi rámem dveří a žárovzdornou vyzdívkou
- šroubové uzávěry

### **11.1 *Popis kontrolovaných míst***

#### ***Těsnící plochy dveří a zárubní***

Všechny stykové plochy mezi zárubní koksovací komory a dveřmi musí být čištěny od dehtových usazenin pomocí jednotlivých zařízení. Jsou to čistič dveří a čistič zárubní. Jedná se o strojní čištění. V případě, že tato zařízení již nejsou schopna plochy očistit, provádí se čištění ruční a to buď přímo na místě snímání dveří nebo po jejich dopravení do opraven dveří.

#### ***Těsnící blána***

Kontrola těsnící blány je zaměřena na jejich čistou hranu, která při nasazení dveří na zárubeň dosedá na těsnící plochu zárubní. Styk hrany těsnící blány a plochy zárubní musí zajišťovat těsnost dveří proti úniku koksárenského plynu ven z komory a naopak vniknutí vnějšího vzduchu do komory.

Dále těsnící blána nesmí být vytlačována zpod kozlíků směrem ven. Toto vytlačení mohou způsobit pružné členy umístěné v kozlících, které zajišťují přitlačnou sílu k dotlačení těsnící

blány na plochu zárubní a k překonání přetlaků plynů. Kontrola probíhá po celém jejím obvodu.

### ***Mezera mezi rámem dveří a žárovzdornou vyzdívkou***

Mezera mezi rámem dveří a žárovzdornou vyzdívkou slouží pro usnadnění odvodu surového koksárenského plynu z komory. Je nutné kontrolovat její průchodnost a v případě zanesení dehtovými usazeninami ručně vyčistit.

### ***Šroubové uzávěry***

U šroubových uzávěrů musí být kontrola zaměřena na jejich těsnost proti vytlačení plastického maziva směrem ven. Pakliže k tomu dojde, je nutné ho opětovně doplnit.

## **11.2 Harmonogram kontrol a údržby**

Při provozování koksárenské baterie nebyl nikdy vytvořen časový harmonogram s kontrolami všech čtyř míst na dveřích. Vše probíhalo a probíhá podle zvyklostí vizuální kontrolou vždy v momentě obsazování koksovací komory uhelnou vsázkou.

V praxi to znamená, že při snímání dveří a jejich otočení směrem k čističi dveří, obsluha vizuálně kontroluje těsnicí plochy dveří a zárubní. Při větším nánosu dehtu na těchto plochách, který již čistič dveří není schopen z těchto ploch seškrábnout, dochází k čištění ručnímu. Zároveň obsluha průběžně kontroluje průchodnost mezery mezi rámem dveří a žárovzdornou vyzdívkou. V momentě její neprůchodnosti dochází opět k ručnímu čištění této mezery.

V případě těsnicí blány je průběžná kontrola nejjednodušší. Jakmile při nasazení dveří na zárubeň dojde k úniku plynu mezi těsnicí blánou a zárubní, je nutné tuto část konstrukce opravit. Únik plynu je dobře viditelný díky své hnědé barvě.

Kontrola šroubových uzávěrů probíhá opět pouze vizuálně. Každý šroubový uzávěr v průběhu svého technického života bude jinak těsnit. Proto perioda jednotlivých kontrol těsnosti probíhá na základě provozního sledování, kterým se postupně interval kontrol zpřesňuje. Při zjištění netěsnosti a úniku části plastického maziva je nutné ho doplnit.

## 12 Závěr

Zadáním této diplomové práce byly dveře komory koksárenské baterie použité na koksárenské baterii č.10 koksovny Svoboda.

Aby čtenář pochopil význam a problematiku spojenou s tímto konstrukčním prvkem, považoval jsem za nutné jej s ním v počátku této práce nejdřív seznámit. Což jsem učinil zjednodušeným popisem koksárenství a jeho historickým vývojem. Výrobou koksu karbonizací uhlí a dále jsem se nevyhnul ani obecnému popisu samotné koksárenské baterie.

Po tomto úvodním popisu jsem v další části diplomové práce popsal dveře samotné. Popsal jsem jejich skladbu (z jakých konstrukčních prvků jsou sestaveny) a vysvětlil jejich základní funkce, přičemž jednou z nich, těsností, jsem se zabýval podrobněji. Vedl mě k tomu fakt, že tuto funkci zajišťuje a velkou měrou ovlivňuje šroubový uzávěr, s jehož ovládáním byly problémy. Proto hlavní část diplomové práce, jsem věnoval tomuto konstrukčnímu uzlu. Zaměřil jsem se na zjištění příčin jeho špatné funkce a řešil jejich odstranění návrhem nového šroubového uzávěru.

Nejdřív jsem se seznámil s problematikou šroubového uzávěru a vyslechl v čem špatná funkčnost spočívala. Poté jsem provedl výpočet pohybového šroubu, který je jeho součástí, kde bylo nutné vypočítat požadovaný krouticí moment  $M_R$  nutný k překonání osově síly  $F_2$ , která na šroubový uzávěr působí. Přitom jsem výsledný krouticí moment porovnal s kroutícím momentem  $M_K$  rotačního hydromotoru snímače dveří, který šroubový uzávěr ovládal. Muselo proto platit, že  $M_K > M_R$ , přičemž  $M_K = 900 N.m$ . Z výsledků vyplynulo, že při mazaném závitě pohybového šroubu je  $M_R = 503 N.m$ , což vyhovuje požadavku. Bohužel při nemazaném závitě, k čemuž při malé frekvenci užívání docházelo, byl výsledek  $M_R = 1056 N.m$ , tedy nevyhovující. Tímto jsem zjistil příčinu špatné funkce.

V další části práce jsem provedl opakování celého výpočtu s tím, že původní nestandardní lichoběžníkový rovnoramenný jednochodý závit Tr124x10LH-7g jsem nahradil nejbližším možným normalizovaným závitěm Tr120x6LH-7g. Výsledkem bylo, že při mazaném závitě je  $M_R = 462 N.m$  a nemazaném  $M_R = 1003 N.m$ . Touto malou úpravou jsem dosáhl ke snížení kroutícího momentu  $M_R$ , ale bohužel v případě nemazaného závitě to nestačilo. Po těchto výsledcích mi nezbylo, než navrhnout nové řešení konstrukčního uzlu pohybového šroubu.

Návrh spočíval v tom, že jsem pohybový šroub rozdělil na dvě části s cílem zmenšit závit a tím zmenšit krouticí moment  $M_R$ . Po provedení všech nutných výpočtů jsem dospěl k požadovaným výsledkům, které zajišťují správnou funkčnost šroubového uzávěru. Z výsledků vyplynulo, že při mazaném závitě je  $M_R = 397 N.m$  a nemazaném  $M_R = 791 N.m$ , což v obou případech vyhovuje požadavku  $M_K > M_R$ .

V poslední části práce jsem se zaměřil na volbu maziva pohybového šroubu. Současný mazací olej Paramo 18 používaný ve šroubovém uzávěru není pro tento typ aplikace vhodný. K určení adekvátního maziva jsem musel nejdříve zjistit podmínky prostředí, mezi něž patřilo hlavně naměření maximální teploty na rámu dveří. Na základě tohoto údaje jsem potom navrhnul několik druhů vhodných mazacích past. Jsou to maziva určené pro velké zátěže při malých otáčkách a vysokých teplotách.

V závěru diplomové práce jsem navrhnul plán údržby, který spočívá především ve vizuální kontrole funkčnosti nejen samotného šroubového uzávěru, ale dveří jako celku.

### **13 Seznam použitých pramenů**

1. KŘÍŽ, R.: Strojnické tabulky II., Pohony. Montanex, Ostrava, 1997, 213s, ISBN 80-85780-51-8
2. VÁVRA, P. – LEINVEBER, J.: Strojnické tabulky. Albra – pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2003, 872s, ISBN 80-86490-74-2
3. KOZINA, A. - PÍŠA, M.: Koksárenství, Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 1958, 560s
4. ROZUM, K.: Výrobní zařízení pro zpracování kovů, zařízení koksoven, Vysoká škola báňská v Ostravě, Ostrava, 1993, 148s, ISBN 80-7078-175-0
5. NĚMEČEK, M.: Řešené příklady z částí a mechanismů strojů – spoje, VŠB – TU Ostrava, Ostrava, 2002, 114s, ISBN 80-248-0050-0
6. KALÁB, K.: Konstrukční návrh a výpočet ručního šroubového zvedáku, Vysokoškolská příručka, Ostrava, 2003, 22s
7. KALÁB, K.: Návrh a výpočet spojů pro přenos kroutícího momentu z hřídele na náboj, Vysokoškolská příručka, Ostrava, 2003, 31s
8. ČSN 01 4050 Lichoběžníkový závit rovnoramenný jednochodý
9. ČSN 01 4990 Válcové konce hřídelů
10. ČSN 02 2703 Pojistné desky hřídelů
11. ČSN EN 10250-1 Ocelové výkovky volně kované pro všeobecné použití – Část 1: Všeobecné požadavky
12. ČSN EN 10250-2 Ocelové výkovky volně kované pro všeobecné použití – Část 2: Nelegované a ušlechtilé oceli
13. ČSN ISO 14 Rovnoboké drážkování válcovaných hřídelů s vnitřním středěním – Rozměry, tolerance a zkoušení
14. ČSN 42 2304 Tvárná litina 42 2304 feritická

# 14 Přílohy

## Příloha. 14.1 Rotační hydromotor.

Industrial  
Hydraulics

Electric Drives  
and Controls

Linear Motion and  
Assembly Technologies

Pneumatics

Service  
Automation

Mobile  
Hydraulics

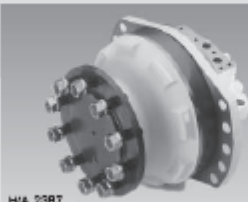
**Rexroth**  
Bosch Group

### Hydraulic Motor (Radial Piston, Multi-Stroke)

RE 15 207/02.98 1/10  
Replaces: 10.97

#### Type MCR 10

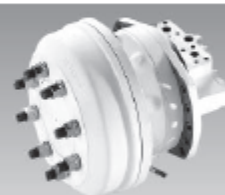
Size 780 to 1340  
Series 3X  
Maximum operating pressure  
450 bar  
Maximum displ. volume  
1340 cm<sup>3</sup>  
Maximum output torque  
8027 Nm



Type MCR 10 F...F250Z-3X/A0M...



Type MCR 10 F...F250Z-3X/B7M...



Type MCR 10 F...F250Z-3X/C7.M...

#### Contents

Description	Page
Features	1
Cross-section, Function	2, 3
Ordering codes, symbols	3
Technical data	4, 5
Permitted radial and axial force on drive shaft	6
Unit dimensions:	
• Flange housing C	7
• Flange housing F	8
• Flange housing D	9
• Holding and travel brake	10

#### Features

- Compact, robust construction
- Smooth running even at very low speeds
- Low noise
- Reversible
- Sealed taper roller bearings
- High radial forces permitted on the output shaft
- Shaft seal up to 10 bar
- Available with optional built-on holding (multi-disc) brake or dynamic (drum) brake
- switchable
  - free-running
  - half displacement volume
- for open and closed circuit operation

Technical data (For applications outside these parameters please consult us)

General							
Type	Radial piston motor						
Description	Radial piston multi-disc motor, switchable displacement						
Model description	MCR 10...						
Type of mounting	Flange mounting; face mounting						
Connections	Threaded or flanged						
Mounting position	Optional						
Shaft loading	See page 6						
Rotation	clockwise/anti-clockwise - reversible						
Frame size	10						
Size			780	940	1120	1250	1340
Displacement	V	cm³	780	940	1120	1250	1340
Flow $n = 100$ rpm/100 bar	qv	L/min	79	95	113,5	126,5	136,5
Output torque <sup>1) 7)</sup>							
– specific torque (at $\Delta p = 100$ bar)	T	Nm	1240	1494	1783	1990	2130
– peak torque	T	Nm	5134	6187	6659	7432	8027
Output speed <sup>1) 7)</sup>							
– min. speed	n	rpm	5 to 10 for smooth running, depending on application				
– max. speed	n	rpm	170	150	150	140	120
– freewheeling speed	n	rpm	400				
Output power <sup>1) 7)</sup>							
– continuous power	P	kW	44	44	50	50	50
Weight – motor	m	kg	69				
– motor with holding brake	m	kg	81				
– motor with travel brake	m	kg	92				
Hydraulic							
Nominal pressure	p	bar	250				
Pressure differential, cont. <sup>2) 6) 7) 8)</sup>	$\Delta p$						
– for mineral oil (HL, HLP)		bar	250				
Pressure differential, peak <sup>3) 6) 7) 8)</sup>	$\Delta p$						
– for mineral oil (HL, HLP)		bar	450		400		
Inlet pressure <sup>6)</sup> Port "A" or "B"	p	bar	470		420		
Summated pressure <sup>4) 5)</sup> Port "A" + "B"	p	bar	470		420		
Case drain pressure, max.	p <sub>max</sub>	bar	10				
Switching pressure (displacement switching)		bar	10 to 30				
Hydraulic fluid <sup>5)</sup>	Mineral oil (HL, HLP) to DIN 51 524						
Hydraulic fluid temperature range	$\vartheta$	°C	– 20 to +80				
Viscosity range	v	mm²/s	10 to 2000				
Fluid cleanliness:	Maximum permissible degree of contamination of fluid to NAS 1638 Class 9. We therefore recommend a filter with a minimum retention rate of $\beta_{10} \geq 75$ .						
Brake							
Holding brake (disc brake)							
Holding torque	T	Nm	7000				
Release pressure	p	bar	min. 15; max. 30				
Travel brake (drum brake)	see table page 10						

<sup>1)</sup> The values given apply after 100 hours run-in time

<sup>2)</sup> Continuous operation

<sup>3)</sup> Peak values may occur for a maximum duration of one second only within an operating minute

<sup>4)</sup> We recommend  $p_{min} = 15$  bar in the return line

<sup>5)</sup> Environmentally-friendly fluids HETG, HEPG, HEES to RE 90 221

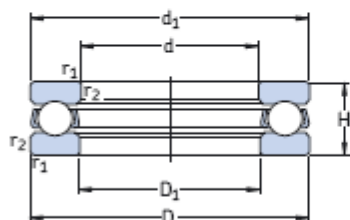
<sup>6)</sup> When operating motors in series please consult our technical office

<sup>7)</sup> **Warning:** When running the motor in (min. 20 hours) note that :  
motor should not be run unloaded at more than 50 % maximum speed.

<sup>8)</sup> For single shaft end "L60" max. permissible pressure differential  $\Delta p = 250$  bar

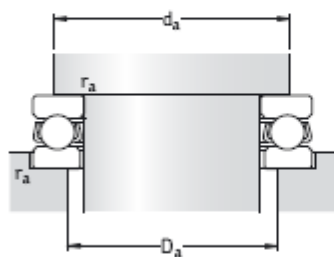
**Příloha. 14.2 Rozměrová řada jednosměrných axiálních kuličkových ložisek.**

Jednosměrná axiální kuličková ložiska  
d 35 – 70 mm



Hlavní rozměry			Únosnost dyna- mická C	sta- tická C <sub>0</sub>	Mezní únavové zatížení P <sub>u</sub>	Součinitel minimálního zatížení A	Připustné otáčky		Hmot- nost	Označení
d	D	H					Referen- ní otáčky	Mezní otáčky		
mm			kN		kN	–	min <sup>-1</sup>		kg	–
35	52	12	19,9	51	1,86	0,013	5 600	7 500	0,080	51107
	62	18	35,1	73,5	2,7	0,028	4 000	5 600	0,22	51207
	68	24	49,4	96,5	3,55	0,048	3 200	4 500	0,39	51307
	80	32	87,1	170	6,2	0,15	2 600	3 800	0,79	51407
40	60	13	26	63	2,32	0,02	5 000	7 000	0,12	51108
	68	19	46,8	106	4	0,058	3 800	5 300	0,28	51208
	78	26	61,8	122	4,5	0,077	3 000	4 300	0,53	51308
	90	36	112	224	8,3	0,26	2 400	3 400	1,10	51408
45	65	14	26,5	69,5	2,55	0,025	4 500	6 300	0,14	51109
	73	20	39	86,5	3,2	0,038	3 600	5 000	0,30	51209
	85	28	76,1	153	5,6	0,12	2 800	4 000	0,66	51309
	100	39	130	265	9,8	0,37	2 200	3 000	1,40	51409
50	70	14	27	75	2,8	0,029	4 300	6 300	0,16	51110
	78	22	49,4	116	4,3	0,069	3 400	4 500	0,37	51210
	95	31	88,4	190	6,95	0,19	2 600	3 600	0,94	51310
	110	43	159	340	12,5	0,60	2 000	2 800	2,00	51410
55	78	16	30,7	85	3,1	0,039	3 800	5 300	0,23	51111
	90	25	61,8	146	5,4	0,11	2 800	4 000	0,59	51211
	105	35	104	224	8,3	0,26	2 200	3 200	1,30	51311
	120	48	178	390	14,3	0,79	1 800	2 400	2,55	51411
60	85	17	41,6	122	4,55	0,077	3 600	5 000	0,20	51112
	95	26	62,4	150	5,6	0,12	2 800	3 800	0,65	51212
	110	35	101	224	8,3	0,26	2 200	3 000	1,35	51312
	130	51	199	430	16	0,96	1 600	2 200	3,10	51412 M
65	90	18	37,7	108	4	0,06	3 400	4 800	0,33	51113
	100	27	63,7	163	6	0,14	2 600	3 600	0,78	51213
	115	36	106	240	8,8	0,30	2 000	3 000	1,50	51313
	140	56	216	490	18	1,2	1 500	2 200	4,00	51413 M
70	95	18	40,3	120	4,4	0,074	3 400	4 500	0,35	51114
	105	27	65	173	6,4	0,16	2 600	3 600	0,79	51214
	125	40	135	320	11,8	0,53	1 900	2 600	2,00	51314
	150	60	234	550	19,3	1,6	1 400	2 000	5,00	51414 M





Rozměry				Připojovací rozměry		
d	$d_1$ ~	$D_1$ ~	$r_{1,2}$ min	$d_a$ min	$D_a$ max	$r_a$ max
mm				mm		
35	52	37	0,6	45	42	0,6
	62	37	1	51	46	1
	68	37	1	55	48	1
	80	37	1,1	62	53	1
40	60	42	0,6	52	48	0,6
	68	42	1	57	51	1
	78	42	1	63	55	1
	90	42	1,1	70	60	1
45	65	47	0,6	57	53	0,6
	73	47	1	62	56	1
	85	47	1	69	61	1
	100	47	1,1	78	67	1
50	70	52	0,6	62	58	0,6
	78	52	1	67	61	1
	95	52	1,1	77	68	1
	110	52	1,5	86	74	1,5
55	78	57	0,6	69	64	0,6
	90	57	1	76	69	1
	105	57	1,1	85	75	1
	120	57	1,5	94	81	1,5
60	85	62	1	75	70	1
	95	62	1	81	74	1
	110	62	1,1	90	80	1
	130	62	1,5	102	88	1,5
65	90	67	1	80	75	1
	100	67	1	86	79	1
	115	67	1,1	95	85	1
	140	68	2	110	95	2
70	95	72	1	85	80	1
	105	72	1	91	84	1
	125	72	1,1	103	92	1
	150	73	2	118	102	2

Pokračování tab. 5

Jmenovitý průměr závitu $d$	Rozteč $P$	Průměr závitů				
		velký		střední	malý	
		$d$	$D_4$	$d_2 = D_2$	$d_3$	$D_1$
90	4	90,000	90,500	88,000	85,500	86,000
	5	90,000	90,500	87,500	84,500	85,000
	12	90,000	91,000	84,000	77,000	78,000
	18	90,000	92,000	81,000	70,000	72,000
	20	90,000	92,000	80,000	68,000	70,000
95	4	95,000	95,500	93,000	90,500	91,000
	5	95,000	95,500	92,500	89,500	90,000
	12	95,000	96,000	89,000	82,000	83,000
	18	95,000	97,000	86,000	75,000	77,000
	20	95,000	97,000	85,000	73,000	75,000
100	4	100,000	100,500	98,000	95,500	96,000
	5	100,000	100,500	97,500	94,500	95,000
	12	100,000	101,000	94,000	87,000	88,000
	20	100,000	102,000	90,000	78,000	80,000
110	4	110,000	110,500	108,000	105,500	106,000
	5	110,000	110,500	107,500	104,500	105,000
	12	110,000	111,000	104,000	97,000	98,000
	20	110,000	112,000	100,000	88,000	90,000
120	6	120,000	121,000	117,000	113,000	114,000
	14	120,000	122,000	113,000	104,000	106,000
	16	120,000	122,000	112,000	102,000	104,000
	22	120,000	122,000	109,000	96,000	98,000
	24	120,000	122,000	108,000	94,000	96,000
130	6	130,000	131,000	127,000	123,000	124,000
	14	130,000	132,000	123,000	114,000	116,000
	16	130,000	132,000	122,000	112,000	114,000
	22	130,000	132,000	119,000	106,000	108,000
	24	130,000	132,000	118,000	104,000	106,000
140	6	140,000	141,000	137,000	133,000	134,000
	14	140,000	142,000	133,000	124,000	126,000
	16	140,000	142,000	132,000	122,000	124,000
	24	140,000	142,000	128,000	114,000	116,000
150	6	150,000	151,000	147,000	143,000	144,000
	16	150,000	152,000	142,000	132,000	134,000
	24	150,000	152,000	138,000	124,000	126,000

Pokračování

**Příloha. 14.4 Součinitelé smykového tření.**

Kombinace materiálů	$f_z [-]$	
	suché	mazáno
ocel - ocel	0,15 – 0,20	0,10 – 0,12
ocel - litina	0,20 – 0,30	0,13 – 0,27
ocel - bronz	0,11 – 0,15	0,10 – 0,20

**Příloha. 14.5 Dovolené hodnoty měrného tlaku v závitech.**

šroub	matice	$p_D [MPa]$
ocel	ocel s větší tvrdostí	20
	litina	10
	bronz	15

**Příloha. 14.6 Výběr z normy ČSN 42 2304.**

Informační hodnoty mechanických vlastností									
Teplota	°C	-50	-20	20	100	200	300	350	400
Nejnižší mez 0,2 R <sub>p</sub> 0,2	MPa	275	270	250	240	225	210	200	190
Nejnižší tažnost A <sub>5</sub>	%	12	12	12	11	9	7	6	3
Nejnižší vrubová houževnatost KCV	J.cm <sup>-2</sup>	-	-	10	12	14	13	13	12

## Příloha. 14.7 Mazací pasta WOLFRACOAT C.

### WOLFRACOAT C

Vysokoteplotní mazací pasta



#### Popis

WOLFRACOAT C je vysokoteplotní mazací pasta šedé barvy s nádechem barvy mědi.

Produkt obsahuje syntetický uhlovodíkový olej, silikát a pigmenty (např. měď, grafit).

#### Oblasti použití

Produkt se používá při stavbě zařízení, tedy v elektrárnách, chemických závodech, rafinériích, v ocelářském a železářském průmyslu, ve spalovacích odpadkách, cementárnách, vápenkách, v závodech na výrobu sádry a hnojiv, ve slévárnách, odsávacích zařízeních spalovacích motorů a pecích.

#### Pokyny k používání

Produkt se nanáší na dobře očištěné plochy, podklady nebo závity. Nanášejte vždy v tenké vrstvě nebo vtírejte koženým hadříkem. Mazací film musí být souvislý, stejnoměrný a co nejtenčí.

#### Minimální doba skladování

Minimální doba skladování v suchých místnostech a uzavřených původních nádobách činí cca 24 měsíců.

#### Obaly

60 g tuba  
400 g patrona  
1,2 kg plechovka  
30 kg hobok

V hornictví je schváleno balení pouze do 1,2 kg.

#### WOLFRACOAT C

- Dobré mazání třecích míst s kluzným a valivým třením
- Dobrá separace a mazání pro silová spojení při klidovém tření
- Dobré kluzné vlastnosti pro snadnou montáž lisovaných a přechodových spojů
- Demontáž při povolování silových spojení bez poškození
- Schválení pro používání v hornictví
- Stabilní proti stárnutí

#### Parametry výrobku

Barva, vzhled	šedá, barva mědi
Struktura	homogenní, vláknitá
Hustota, DIN 51 757, při 20 °C, g/cm <sup>3</sup> , cca	1,01
Bod skápnutí, DIN ISO 2176, °C	---
Penetrace po prohnětení při 25 °C, DIN ISO 2137 (ASTM-D 217); 0,1 mm	270 až 310
Teplotní oblast použití*, °C, cca	-30 až 200 nad tyto teploty suché mazání do 1200 °C
Viskozita základového oleje, DIN 51 561, při 40 °C, mm <sup>2</sup> /s, cca	120
VKA-svarové zatížení, DIN 51 350, díl 4, N	≥ 2500

\* Údaje o teplotní oblasti použití jsou směrné údaje, které závisí na složení maziva, předpokládaném účelu použití a technice aplikace. Maziva mění podle druhu mechanicko-dynamického namáhání a v závislosti na teplotě, tlaku a čase svoji konzistenci, zdánlivou viskozitu resp. viskozitu. Tyto změny znaků mohou mít vliv na funkci konstrukčních dílů.

Údaje uvedené v této informaci o produktu jsou založeny na našich všeobecných zkušenostech a znalostech v době tisku a mají technicky vzdělanému čtenáři poskytnout pokyny pro možná použití. Informace o produktu však neobsahují žádné zajištění vlastností nebo záruku vhodnosti produktu pro jednotlivé případy. Použivatelé nezbavují od toho, aby nejdříve odzkoušeli použití vybraného produktu zkouškou. Doporučujeme individuální poradenský rozhovor a na přání a podle možnosti máme k dispozici zkušební vzorky. Výrobky Klüber jsou neustále dále vyvíjeny. Proto si firma Klüber vyhrazuje právo na změnu všech technických údajů této tiskoviny kdykoliv a bez předchozího uvědomění.



Klüber Lubrication, podnik skupiny Freudenberg

Vydavatel a autorská práva:  
Klüber Lubrication München KG

Dotisk celého dokumentu jakož i jeho části je  
povolen pouze při uvedení zdroje a zaslání exempláře.

Klüber Lubrication München KG  
Geisenhausenerstraße 7, D-81379 München  
Tel.: 0049-89-78 76-0, Telefax: (0 89) 78 76-333, www.klueber.com

Informace o produktu 5.152 cz  
WOLFRACOAT C, číslo druhu 099113

Vydání 02.09, nahrazuje vydání 05.03  
MA-MP/WS/TR-LK

## Příloha. 14.8 Plastické mazivo MOL Helios 2M.



### PLASTICKÉ MAZIVÁ MOL Helios 2M tepluvzdorné plastické mazivo

#### Výhody výrobku

- pre vysokoteplotné aplikácie
- ochrana proti zadreniu
- nízke trenie
- dobrá protikorózna ochrana

#### Použitie

MOL Helios 2 M je plastické mazivo bentonitového typu s prídavkom molybdén disulfidu určené pre vysokoteplotné aplikácie, hlavne cez individuálne mazacie systémy.

Výhodné je jeho použitie na mazanie tunelových pecí v cementárskom priemysle, nastavovacích mechanizmov, valčekových dopravníkov, valivých ložísk nízko otáčkových vypaľovacích pecí a pod. a tiež na mazanie valivých ložísk ventilátorov výfukových plynov.

Môže byť použiteľné aj na mazanie rôznych mazacích uzlov vystavených vode a pare.  
V prípade vysokých teplôt (nad +150°C) je potrebné pravidelné domazávanie.

Nie je vhodné pre valivé ložiská pracujúce pri stredných a vysokých otáčkach a na mazanie ťažkých klzných plôch.

Treba zabrániť zmiešaniu s inými plastickými mazivami.

Teplotný rozsah použitia: od -20°C do +200°C

#### Špecifikácie a súhlasy

Konzistencia (NLGI klasifikácia): NLGI 2  
DIN 51502: KPF2S-20  
ISO 6743-9: L-XBGE 2

#### Popis výrobku

Plastické mazivo MOL Helios 2M je vyrobené na báze bentonitového spevňovadla a zmesi vysokokvalitného rafinovaného minerálneho a syntetického oleja s prídavkom disulfidu molybdénu (MoS<sub>2</sub>) a protioderových, antioxidačných a protikorózných prísad. Použité základové oleje sa vyznačujú výbornou oxidačnou stálosťou, nízkou odparivosťou a taktiež výbornými nízkoteplotnými vlastnosťami.

Zloženie plastického maziva umožňuje jeho použitie v zariadeniach pracujúcich pri vysokom tlaku a kde hrozí zvýšené riziko zadretia.

Pri teplotách nad 100°C a vysokých otáčkach môže dochádzať k zmene konzistencie maziva a k jeho mäknutiu.

Je homogénnej konzistencie, má jemnú hladkú štruktúru a je čiernej farby.

Výrobca: MOL-LUB Ltd. Na trh SR dodáva: SLOVNAFT, a. s.  
Kontakty pre bližšie informácie: SLOVNAFT, a. s., Divízia mazív, Technický servis SN, Vidce hrdlo 1, 824 12 Bratislava  
Tel.: +421 2 5859 7264; 5859 7399; 5859 4647; 5859 7263 Fax: +421 2 4524 6829  
moldynamic@slovnaft.sk, www.moldynamic.slovnaft.sk, www.maziva.slovnaft.sk

www.maziva.slovnaft.sk



Latest revision: 2007.10.09 8:06

Version 028.000.000

### Typické vlastnosti

Vlastnosti	Typické hodnoty
Vzhľad	čierne, homogénne
Kinematická viskozita základového oleja pri 40 °C [mm <sup>2</sup> /s]	230
Bod skvapnutia [°C]	nad 300
Penetrácia pri 25°C [0,1 mm]	280
Skúška na 4GP, zvarové zaťaženie [N]	2600
Oxidačná stabilita, 100 h/100 °C, pokles tlaku [kPa]	35
Korózia na oceľ (100°C/24 h)	neprítomnosť korózie
Korózia na meď (100°C/24 h) [stupeň]	1
Korozívny test Emcor [stupeň]	0
Vypierateľnosť v ložisku vodou pri 79 °C [% (m/m)]	2
Odolnosť voči vode pri 90°C [stupeň]	1-90
Odlučivosť oleja [% (m/m)]	0,5
Obsah disulfid molybdénu [% (m/m)]	2

### Skladovanie a manipulácia

Produkt neobsahuje žiadne toxické látky. Pri skladovaní a manipulácii s výrobkom dodržiavajte zásady bezpečnosti práce pri práci s ropnými výrobkami. Skladujte v uzavretých originálnych obaloch na zastrešených miestach chránených pred vlhkosťou a priamym slnečným žiarením.

V pôvodnom balení pri dodržaní skladovacích podmienok: 24 mesiacov

Po iniciácii horí, nehaste vodou!

Odporúčaná teplota skladovania: -5°C - 40°C

### Informácie o balení a objednávaní

#### SAP kód a balenie:

13006270 8 kg plechový kanister

#### Zákaznícke centrum mazív:

Príjem objednávok:

fax: +421 2 245 167; 5859 9900

email: predaj.maziva@slovnaft.sk

Informácie na tel.: +421 2 5859 7645; 7288; 7434

Výrobca: MOL-LUB Ltd. Na trh SR dodáva: SLOVNAFT, a. s.  
Kontakty pre bližšie informácie: SLOVNAFT, a. s., Divízia mazív, Technický servis SN, Vičle hrdlo 1, 824 12 Bratislava  
Tel.: +421 2 5859 7264; 5859 7399; 5859 4647; 5859 7263 Fax: +421 2 4524 6829  
moldynamic@slovnaft.sk, www.moldynamic.slovnaft.sk, www.maziva.slovnaft.sk

www.maziva.slovnaft.sk

